

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Návrh RTP s roboty ABB

Design of a Robotized Production Cell with the ABB Robots

Student:

Tomáš Bartek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Bartek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Za školkou 15, Ostrava – Bartovice, 717 00

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BARTEK, T. *Návrh RTP s roboty ABB: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky, 2010, 63 s. Vedoucí práce: Burkovič, J.

V bakalářské práci je zpracován projekt robotizovaného pracoviště, ve kterém jsou použity průmyslové roboty ABB IRB 140 instalované v Centru robototechniky. Projekt vypracovaný ve 3 variantách je zaměřen na manipulaci s vybranými předměty pro laboratorní účely. Pomocí hodnotové analýzy je vybráno optimální řešení, které se dále zpracovává. Druhá část práce je zaměřena na konstrukční návrh pásového dopravníku, který je zpracován formou modelu v programu Pro/Engineer. Výkresová dokumentace bakalářské práce obsahuje dispoziční výkres pracoviště a sestavný výkres pásového dopravníku.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BARTEK, T. *Design of a Robotized Production Cell with the ABB Robots: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2010, 63 p. Thesis head: Burkovič, J.

In my bachelor thesis, the project of workplace is processed. Industrial robots ABB IRB 140, installed in the Centre of Robotics, were used there. The project, executed in 3 versions, is focused on manipulation with selected things for laboratory purposes. Using value analysis, the optimal solution is selected and it is further processed. In the second part of my bachelor thesis, there is the structural design of the belt conveyor, which is also processed according to the model in Pro/Engineer program. Drawing documentation of the thesis contains the drawing of the workplace and the compiled drawing of the belt conveyor.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Burkovičovi, Ph.D. za čas strávený konzultacemi, podnětné připomínky a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

strana

Seznam použitých symbolů a značek	8
0 Úvod.....	11
1 Analýza stávajících zařízení v Centru robototechniky	12
1.1 Průmyslový robot ABB IRB140.....	12
1.1.1 Popis	12
1.1.2 Technické parametry	13
1.1.3 Kinematická struktura	15
1.1.4 Použití.....	16
1.2 Řídicí systém ABB IRC5.....	18
1.3 Efektory	19
2 Návrh RTP	21
2.1 Požadavkový list	21
2.2 Varianta A	22
2.2.1 Popis	22
2.2.2 Objekt manipulace.....	25
2.3 Varianta B	26
2.3.1 Popis	26
2.3.2 Objekt manipulace.....	29
2.4 Varianta C	30
2.4.1 Popis	30
2.4.2 Objekt manipulace.....	33
3 Výběr optimální varianty	34
3.1 Kritéria hodnocení	34
3.2 Bodovací stupnice.....	34
3.3 Váha významnosti	34

3.4	<i>Hodnocení jednotlivých kritérií</i>	35
3.5	<i>Určení významnosti kritérií</i>	36
3.6	<i>Výběr optimální varianty</i>	38
4	Konstrukční řešení pásového dopravníku	40
4.1	<i>Hnací buben</i>	41
4.2	<i>Hnaný buben</i>	41
4.3	<i>Opěrné válečky</i>	42
4.4	<i>Nosný systém</i>	42
4.5	<i>Dopravníkový pás</i>	43
4.6	<i>Optický senzor</i>	44
4.7	<i>Výpočet</i>	45
4.8	<i>Motor</i>	49
4.9	<i>Napínací zařízení</i>	49
5	Konstrukční řešení pracovního stolu	50
6	Bezpečnostní opatření	51
6.1	<i>Ochranné zábradlí a závory</i>	51
6.2	<i>Uspořádání a barevné řešení jednotlivých strojů a zařízení</i>	52
7	Časová studie	53
8	Popis potřebných energií	54
9	Technicko-ekonomické zhodnocení	55
10	Závěr	56
11	Seznam použitých pramenů	57
12	Seznam použitých obrázků	59
13	Seznam použitých tabulek	61
14	Seznam použitých grafů	62
15	Seznam příloh	63

Seznam použitých symbolů a značek

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
D	průměr hnacího a hnaného bubnu	[mm]
d	průměr objektu manipulace	[mm]
d ₁	průměr opěrného válečku	[mm]
B	šířka pásu	[mm]
b _v	světlá šířka	[mm]
F	obvodová síla	[N]
F ₁	maximální tah v pásu v místě náběhu na buben	[N]
F ₂	maximální tah v pásu na sbíhající straně bubnu	[N]
F _D	dovolená tahová síla v pásu	[N]
F _{Hh}	hlavní odpor v horní větvi dopravníku	[N]
F _{Hd}	hlavní odpor v dolní větvi dopravníku	[N]
F _{pb}	odpor bočního vedení	[N]
F _{v2}	odpor vlivem ohybu pásu přes buben	[N]
F _{v3}	odpor vlivem čepového tření	[N]
f	součinitel tření mezi pásem a bubnem	[-]
g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
k	počet puků na dopravníku	[ks]
l	dopravní délka	[mm]
l ₁	délka opěrného válečku	[mm]
l _b	délka bočního vedení	[m]
m _l	hmotnost dopravovaného materiálu na dopravníku	[kg]
m _p	hmotnost objektu manipulace	[kg]
m _{rd}	hmotnost rotujících částí jednoho válečků v dolní větvi dopravníku	[kg]
m _{rh}	hmotnost rotujících částí jednoho válečku v horní větvi dopravníku	[kg]
m _v	hmotnost 1m ² pásu	[kg·m ⁻²]
N	dopravní výkon	[ks·hod ⁻¹]
n _b	otáčky bubnu	[ot·min ⁻¹]
n _d	počet válečků v dolní větvi dopravníku	[ks]
n _h	počet válečků v horní větvi dopravníku	[ks]
P	výkon na hřídeli hnacího bubnu	[W]

q_1	hmotnost dopravovaného materiálu na 1m délky dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_2	hmotnost 1m pásu	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_{rd}	hmotnost rotujících částí válečků v dolní větvi dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
q_{rh}	hmotnost rotujících částí válečků v horní větvi dopravníku	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}]$
s	síla pásu	$[\text{mm}]$
t_d	rozteč válečků v dolní větvi	$[\text{mm}]$
t_h	rozteč válečků v horní větvi	$[\text{mm}]$
t_p	rozteč objektu manipulace	$[\text{mm}]$
v	rychlost dopravníku	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
Z	napínací síla	$[\text{N}]$
α	úhel opásání v obloukové míře	$[\text{°}]$
η	účinnost převodu	$[-]$
μ	globální součinitel tření	$[-]$
μ_2	součinitel smykového tření mezi pukem a bočním vedením	$[-]$

0 Úvod

Stále se zvyšující požadavky moderní společnosti na rostoucí produktivitu práce, spolehlivost a kvalitnější výrobu vedou firmy k zavádění automatizovaných výrobních zařízení. Snaha o docílení nízkých nákladů za vysokého objemu výroby stálé kvality a vyloučení lidského faktoru z výroby. V dnešní době se robotizované systémy vyskytují nejen ve strojírenství, ale ve všech odvětvích průmyslu. S rostoucí automatizací celé řady úkonů se pořád více prosazují roboty a manipulátory, které uskutečňují technologické části výrobního procesu, manipulaci i servisní úlohy v hromadných, malosériových i kusových výroбах.

V současné době je na trhu široká škála průmyslových robotů a manipulátorů od renomovaných výrobců z celého světa. Většina těchto výrobců nabízí typizované roboty s modulární koncepcí schopné roboty upravit přesně pro dané potřeby navrhovaného pracoviště. Průmyslové roboty jsou neustále ve vývoji. Zlepšují se jejich výkonné jednotky, hmotnost, přesnost, rozměry a řídicí systémy. Na naší katedře robototechniky Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava jsou k dispozici průmyslové roboty ABB IRB 140.

Cílem bakalářské práce je návrh robotizovaného pracoviště pro laboratorní úlohy v Centru robototechniky. Robotizované pracoviště budou navrženy pro manipulaci s vybraným objektem pomocí průmyslových robotů IRB 140 firmy ABB. Snaha o maximální využití stávajících prostředků z Centra robototechniky. První část práce bude zaměřena na popis stávajících zařízení, návrh řešení a uspořádání robotizovaného pracoviště, volbu objektu manipulace a výběr optimálního řešení. Druhá část práce bude zaměřena na konstrukční řešení vybraného periferního zařízení. Celá práce bude doložena dispozičním výkresem pracoviště a sestavným výkresem vybraného periferního zařízení. Navržené varianty pracoviště, objekt manipulace a periferní zařízení budou také zpracovány ve formě modelu v programu Pro/Engineer.

1 Analýza stávajících zařízení v Centru robototechniky

1.1 Průmyslový robot ABB IRB140

1.1.1 Popis

Průmyslový robot IRB 140 je kompaktním a výkonným šestiosým strojem s unikátní kombinací velkého zrychlení, pracovního dosahu a užitečného zatížení. Vyznačuje se vysokou spolehlivostí, malými nároky na údržbu a krátkými dobami oprav. Má velmi dobrou přesnost dráhy a opakovatelnost pohybu. Nejrychlejší průmyslový robot ve své třídě. ([16])

Průmyslový robot IRB 140 je v navrhovaném robotizovaném pracovišti použit pro manipulaci s objektem.



Obr. 1-1: Průmyslový robot ABB IRB 140 ([16])

1.1.2 Technické parametry

Maximální nosnost (bez chapadla):	6	[kg]
Maximální dosah:	810	[mm]
Počet stupňů volnosti:	6	[-]
Opakovatelná přesnost polohy:	$\pm 0,03$	[mm]
Hmotnost:	98	[kg]
Rozměry základny:	400x450	[mm]
Zdroj napětí:	200–600, 50/60	[V], [Hz]
Spotřeba el. energie:	0,4	[kW]
Pracovní teplota:	od 5° do 45°	[C]
Vlhkost:	max. 95	[%]
Montážní pozice:	Univerzální	[-]

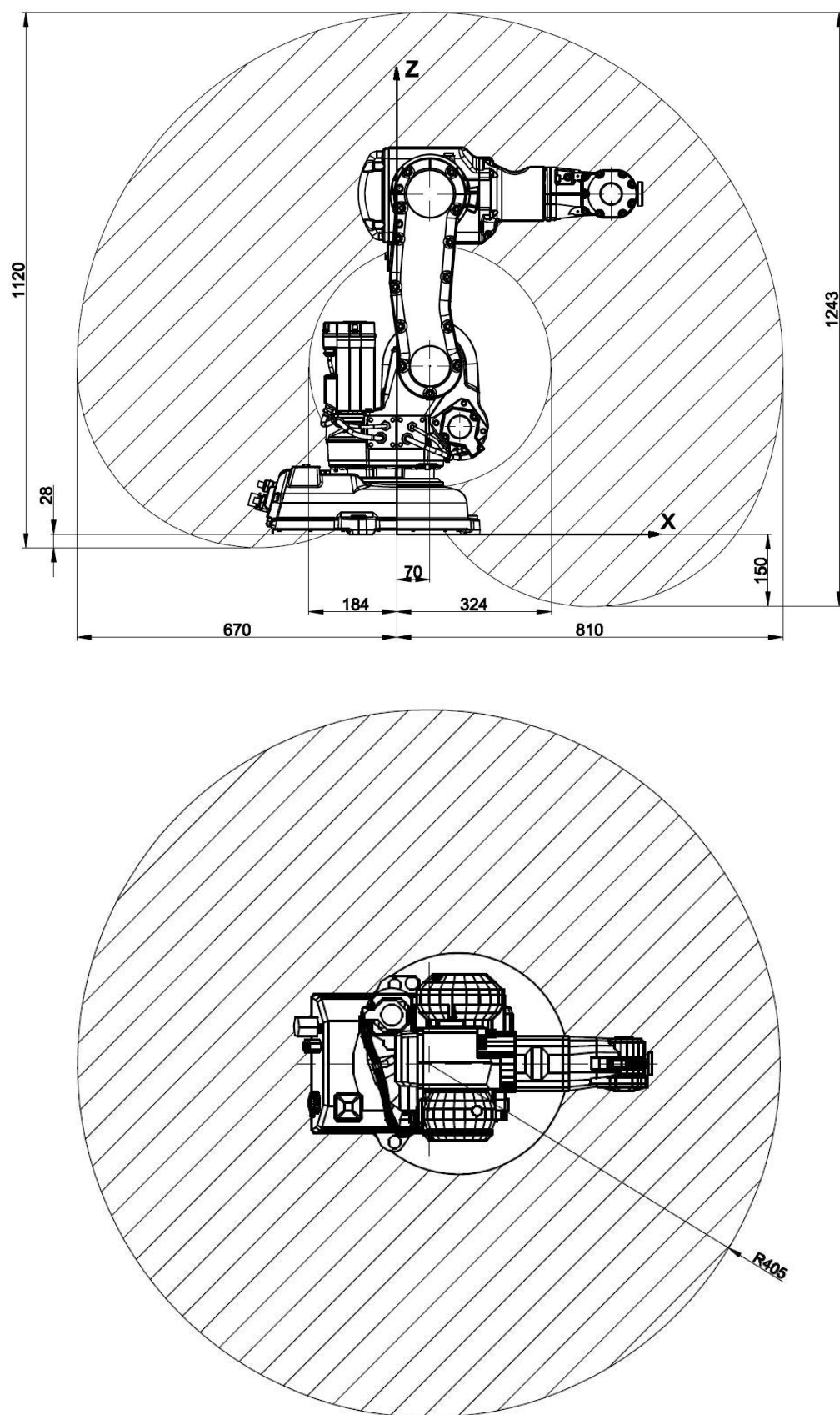


Obr. 1-2: Možnosti montáže IRB 140 ([16])

Parametry pohybů:

Osa	Rozsah pohybu	Maximální rychlost
1(Rz1)	360°	200°/s
2(Rx2)	200°	200°/s
3(Rx3)	280°	260°/s
4(Ry4)	400°	360°/s
5(Rx5)	240°	360°/s
6(Ry6)	800°	450°/s

Tab. 1-1: Rozsah pohybu a rychlost robotu IRB 140



Obr. 1-3: Základní rozměry pracovního prostoru

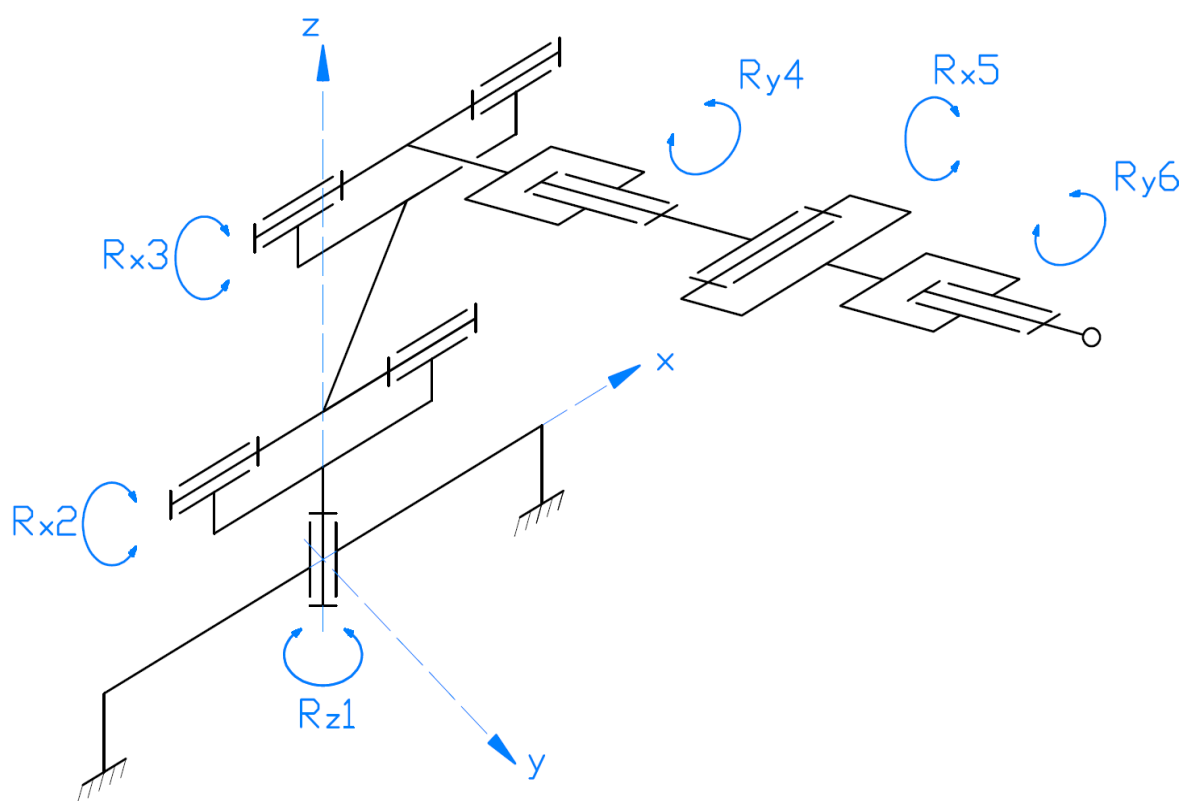
1.1.3 Kinematická struktura

Průmyslový robot IRB 140 je robot s kinematickou strukturou typu Angulární.

R_x – Rotace kolem osy x

R_y – Rotace kolem osy y

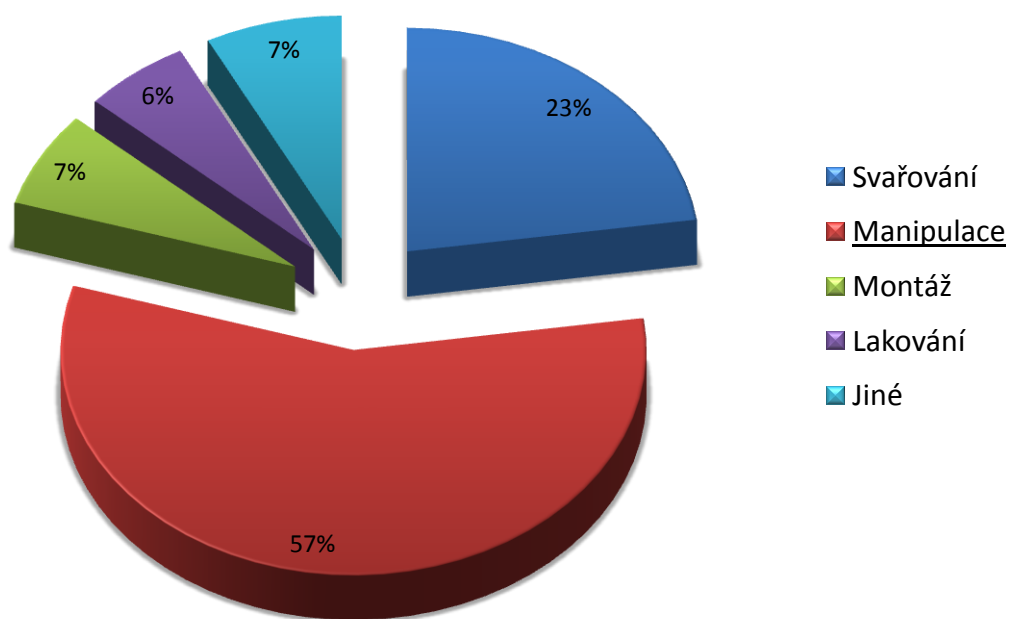
R_z – Rotace kolem osy z



Obr. 1-4: Kinematická struktura ([9])

1.1.4 Použití

- Svařování
- Montáž
- Řezání
- Tlakové lití
- Lepení
- Plastikářské stříkolisy
- Obsluha strojů
- Manipulace s materiálem
- Balení
- Stříkání



Graf 1-1: Operace průmyslového robotu IRB140 ([16])

Do manipulační činnosti lze zařadit ([16]):

- Manipulace s obrobky a jejich držení při opracování
- Manipulace s materiálem mezi operacemi
- Stohování/odebírání
- Zvedání
- Paletování/vykládání z palet
- Obsluha CNC strojů
- Odebírání z pásu
- Balení



A



B



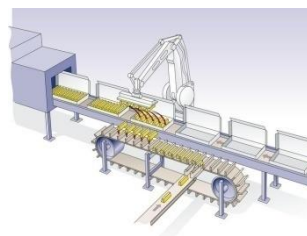
C



D



E



F

Obr. 1-5: Příklady manipulační činnosti ([16])

A – odebrání lahví ze zásobníku

B – manipulace s materiálem

C – balení sýrů

D – manipulace s materiálem mezi operacemi

E – odebrání z forem

F – ukládání do krabic

1.2 Řídicí systém ABB IRC5

Řídicí systém IRC5 slouží k řízení průmyslového robotu ABB IRB140. Používá se k dosažení vysokého výkonu průmyslového robotu ve smyslu přesnosti, rychlosti, doby cyklu, programovatelnosti a synchronizaci s externími zařízeními. IRC5 je pátou generací řídicích systémů společnosti ABB. Řídicí systém IRC5 zvládá plně synchronní vícečetné řízení robotů v buňce. ([17])

Rozměry:	970 x 725 x 710	[mm]
Hmotnost:	130	[kg]
Zdroj napětí:	200–600, 50/60	[V],[Hz]



Obr. 1-6: Řídicí systém IRC5 ([17])

1.3 Efektory

Laboratoř Centra robototechniky je vybavena efekty firmy Schunk a pneumatickým efektem vyrobeným na Katedře robototechniky.



Obr. 1-8: PGN-Plus 80 ([11])



Obr. 1-9: GWB 64 ([11])



Obr. 1-7: PZN-Plus 64 ([11])



Obr. 1-10: PGF 80 ([11])



Obr. 1-11: Pneumatický efektor s přísavkami

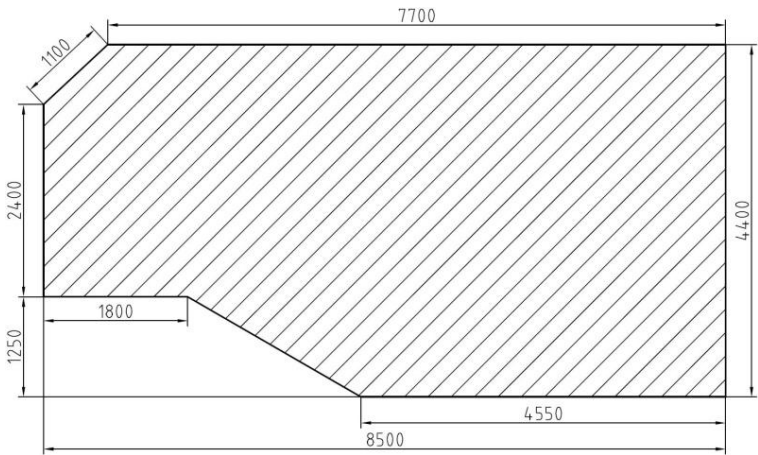
Efektor	Základní vlastnosti	
<i>PGN-plus 80-1</i>	<i>Typ:</i>	Univerzální uchopovací 2-čelist'ové paralelní chapadlo
	<i>Pohon:</i>	Pneumatický
	<i>Hmotnost efektoru:</i>	0,5 kg
	<i>Zdvih na čelist:</i>	8 mm
	<i>Uchopovací síla:</i>	465 N
	<i>Max. rozměr OM:</i>	80 mm
<i>PGF 80-AS</i>	<i>Typ:</i>	Univerzální uchopovací 2-čelist'ové paralelní chapadlo
	<i>Pohon:</i>	Pneumatický
	<i>Hmotnost efektoru:</i>	1,25 kg
	<i>Zdvih na čelist:</i>	16,5 mm
	<i>Uchopovací síla:</i>	760 N
	<i>Max. rozměr OM:</i>	80 mm
<i>GWB 64</i>	<i>Typ:</i>	Univerzální uchopovací 2-čelist'ové úhlové chapadlo
	<i>Pohon:</i>	Pneumatický
	<i>Hmotnost efektoru:</i>	0,85 kg
	<i>Úhel otevření čelisti:</i>	90°
	<i>Uchopovací moment:</i>	27,45 Nm
	<i>Max. rozměr OM:</i>	64 mm
<i>PZN-plus 64-1</i>	<i>Typ:</i>	Univerzální uchopovací 3-čelist'ové středící chapadlo
	<i>Pohon:</i>	Pneumatický
	<i>Hmotnost efektoru:</i>	0,43 kg
	<i>Zdvih na čelist:</i>	6 mm
	<i>Uchopovací síla:</i>	580 N
	<i>Max. rozměr OM:</i>	64 mm
<i>Pneumatický</i>	<i>Typ:</i>	Pneumatický efektor s přísavkami
	<i>Pohon:</i>	Pneumatický
	<i>Hmotnost efektoru:</i>	0,6 kg
	<i>Max. hmotnost OM:</i>	1 kg
	<i>Min. rozměry OM:</i>	180 x 180 mm

Tab. 1-2: Přehled efektorů z Centra Robototechniky

2 Návrh RTP

2.1 Požadavkový list

V požadavkovém listu jsou základní požadavky stanovené s ohledem na Centrum robototechniky, které musí být bezpodmínečně dodrženy.

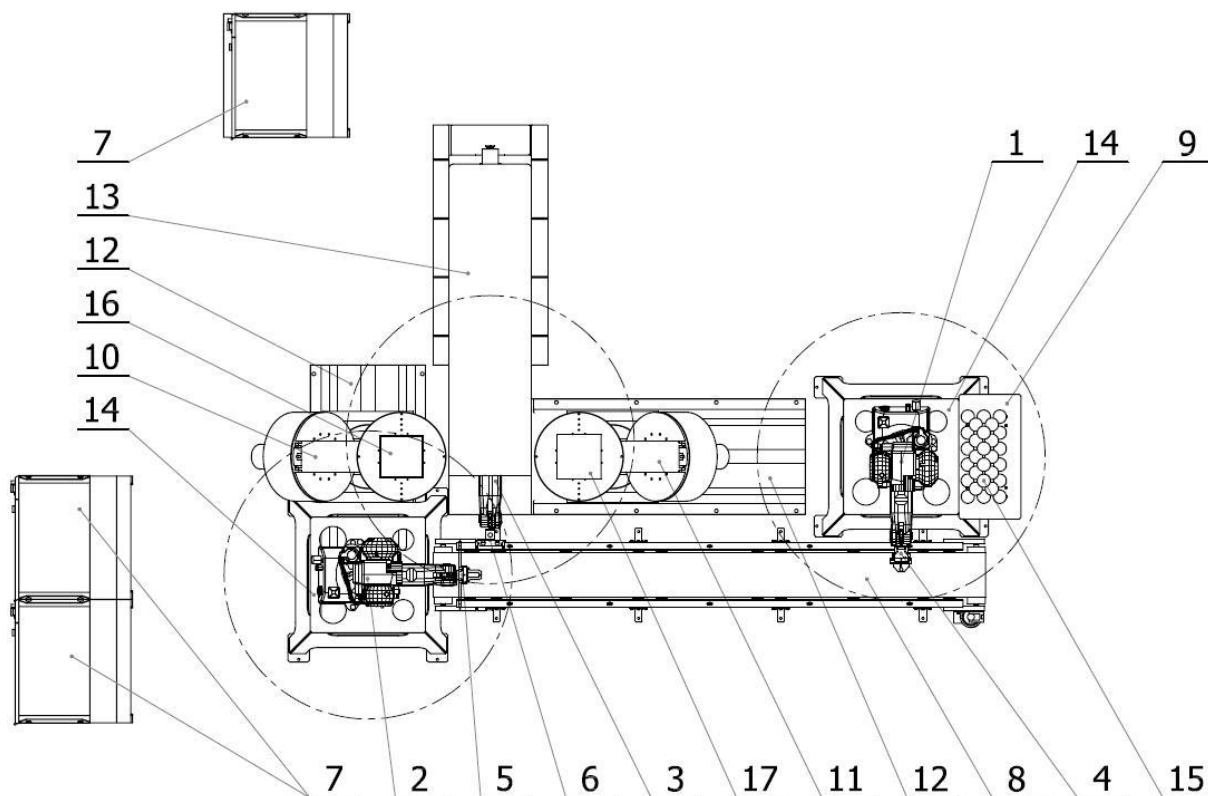
Požadavek	Popis
Druh pracovní činnosti RTP	Manipulace
Typ průmyslového robotu	ABB IRB 140
Počet průmyslových robotů	2 až 3
Efektor	Využití dostupných efektorů z Centra robototechniky: <ul style="list-style-type: none"> ▪ PGN – plus 80 ▪ PZN – plus 64 ▪ PGF 80 ▪ GWB 64 ▪ Pneumatický efektor
Objekt manipulace	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jednoduchý předmět typu kvádr, válec, jehlan, koule ▪ Hmotnost objektu manipulace \leq nosnost PR + efektor
Pracovní plocha	<p>Využití půdorysné plochy o rozloze 33,5m²</p> 

Tab. 2-1: Požadavkový list

2.2 *Varianta A*

2.2.1 Popis

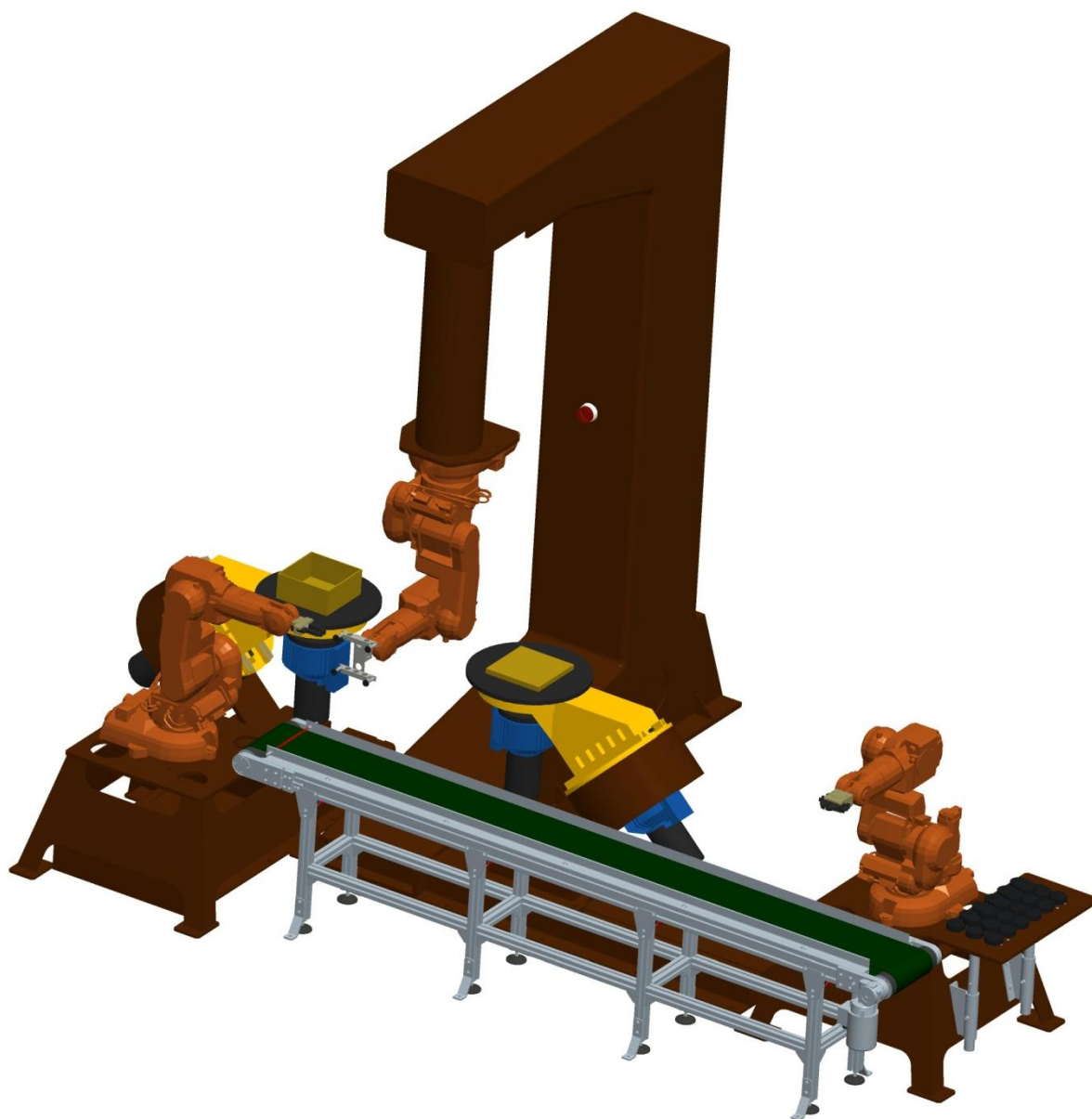
Varianta pracoviště je zaměřena na ukládání puků (poz.15) do krabice (poz.16). Cílem je vytvořit v Centru robototechniky robotizované pracoviště pro ukládání objektu manipulace typu válce do papírové krabice a následné uzavření krabice papírovým víkem (poz.17). Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A“ (poz.1) ustavený na podstavci (poz.14) přemísťuje puky z pracovního stolu (poz.9) na pásový dopravník (poz.8) pomocí efektoru PGF 80 (poz.4) firmy Schunk. Po pásovém dopravníku jsou puky dopraveny k průmyslovému robotu ABB IRB 140 (poz.2), který efektozem firmy Schunk PGN – plus 80 (poz.5) vkládá puky do papírové krabice umístěné na polohovadle – „B“ (poz.10), které slouží jako pracovní stůl. Polohovadlo – „B“ je ustavené na vedení (poz.12), které zajišťuje ruční vymezení polohy polohovadla podle dané potřeby. Krabice se postupně takto plní, dokud se nepřesune všech třicet-šest puků. Po přesunutí všech puků se spustí průmyslový robot ABB IRB 140 – „C“ (poz.3), zavěšený na konzole stojanu (poz.13), který pneumatickým efektozem s přísavkami (poz.6) uchopí víko krabice, natočí se do požadované polohy a uzavře krabici. Víko krabice sloužící k uzavření krabice se nachází na polohovadle – „C“ (poz.11), které slouží jako pracovní stůl. K vymezení polohy polohovadla – „C“ slouží vedení (poz.12). Průmyslové roboty IRB 140 jsou řízeny řídicím systémem IRC 5 (poz.7) firmy ABB, který zajišťuje vykonání požadované činnosti.



Obr. 2-1: Schéma pracoviště varianty A

LEGENDA:

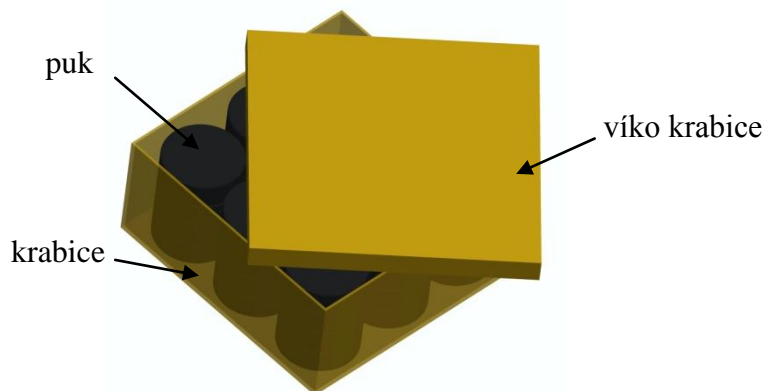
- [1] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A”
- [2] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „B“
- [3] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „C“
- [4] Efektor Schunk PGF 80
- [5] Efektor Schunk PGN – plus 80
- [6] Pneumatický efektor s přísavkami
- [7] Řídicí systém IRC 5
- [8] Pásový dopravník
- [9] Pracovní stůl
- [10] Polohovadlo – „B”
- [11] Polohovadlo – „C”
- [12] Vedení polohovadla
- [13] Konzola stojanu
- [14] Podstava
- [15] Objekt manipulace – puk
- [16] Papírová krabice
- [17] Objekt manipulace – víko papírové krabice



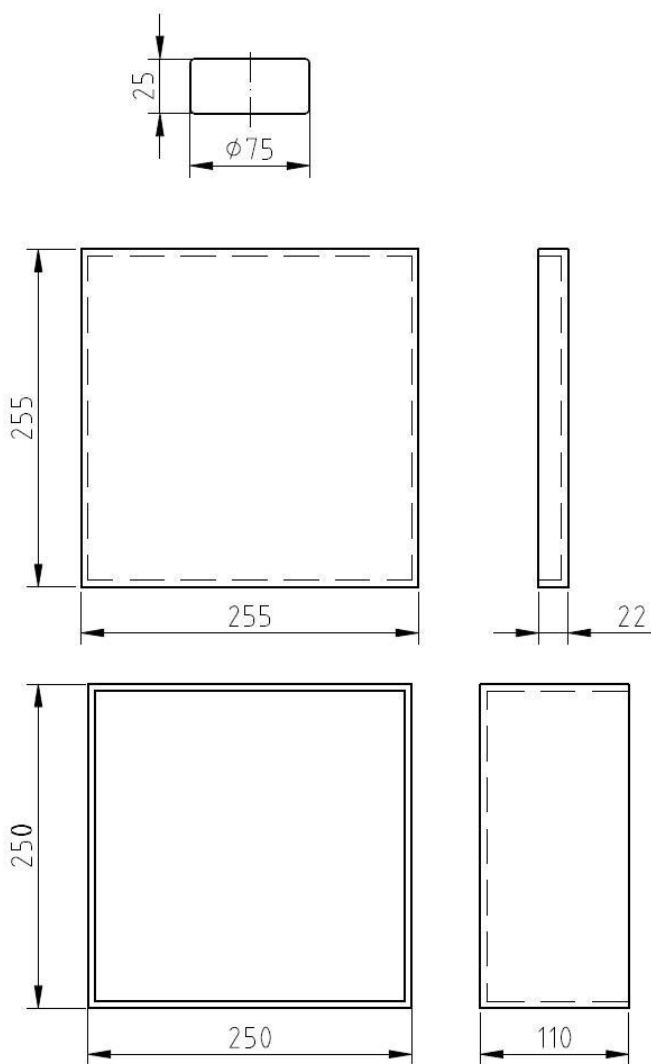
Obr. 2-2: 3D model pracoviště varianty A

2.2.2 Objekt manipulace

Objektem manipulace v této variantě jsou hokejové puky, které se vkládají do papírové krabice a víko papírové krabice sloužící k uzavření krabice.



Obr. 2-3: 3D model krabice s puky



- *Popis:* hokejový puk
- *Výrobce:* GUFEX s.r.o.
- *Hmotnost:* 0,163 kg
- *Materiál:* technická pryž
- *Počet:* 36 ks

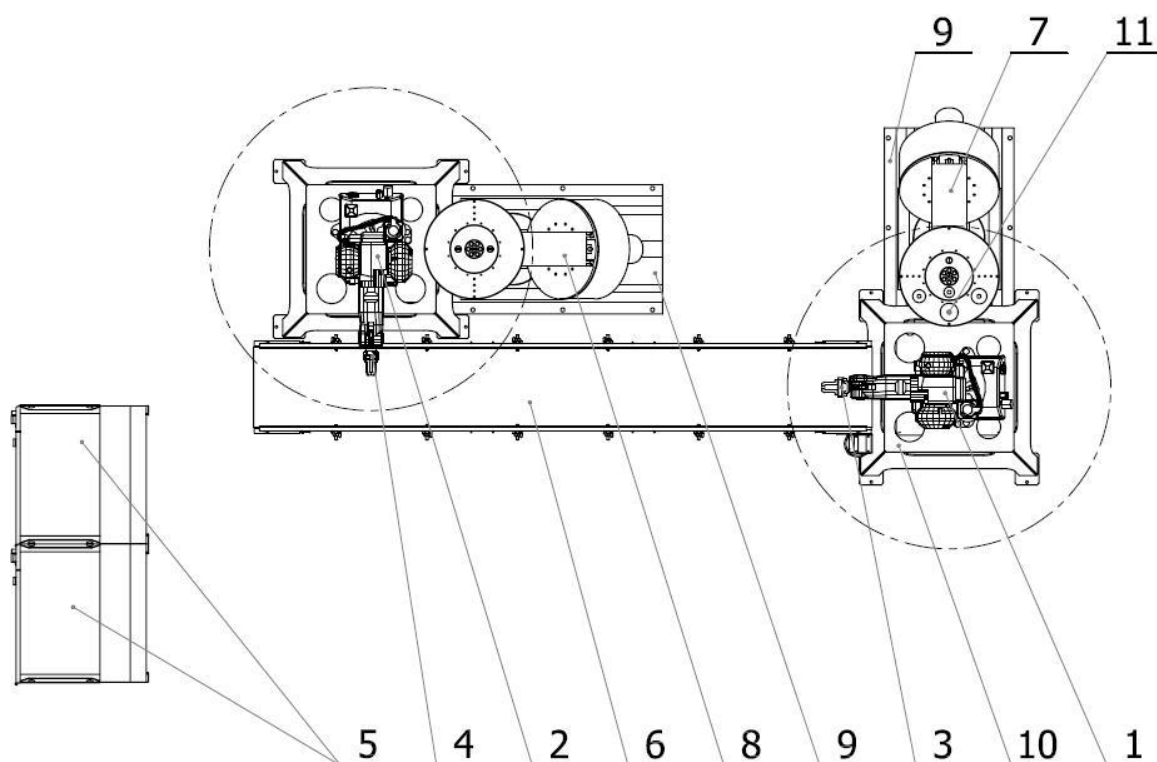
- *Popis:* víko krabice
- *Výrobce:* KH Box s.r.o.
- *Hmotnost:* 0,01 kg
- *Materiál:* papír (lepenka)

- *Popis:* krabice
- *Výrobce:* KH Box s.r.o.
- *Hmotnost:* 0,04 kg
- *Materiál:* papír (lepenka)

2.3 *Varianta B*

2.3.1 Popis

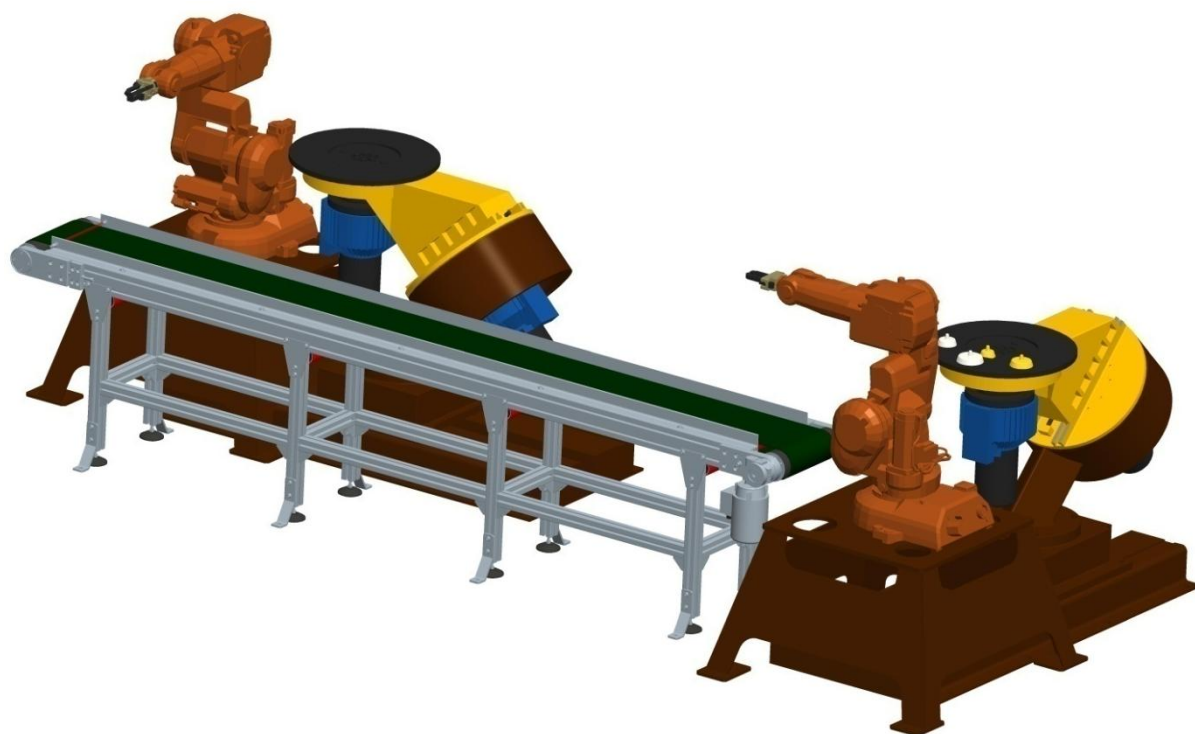
Tato varianta popisuje pracoviště navržené pro skládání Hanojských věží z Centra robototechniky. Účelem je poskládat jednotlivé kužele od největšího po nejmenší do tvaru Hanojské věže. Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A“ (poz.1) s efektoem PGN - plus 80 (poz.3) firmy Schunk postupně přemísťuje kužele po jednom. Kužele přemísťuje od největšího po nejmenší z polohovadla – „A“ (poz.7), které slouží jako pracovní stůl. Pokládá je na pásový dopravník (poz.6). Po pásovém dopravníku se kužele dopravují do výchozí pozice k odběru. Z tohoto místa kužele postupně odebírá druhý použitý průmyslový robot v této variantě ABB IRB 140 – „B“ (poz. 2) s efektoem PZN – plus 64 (poz.4) firmy Schunk. Následně dochází k sestavení kuželů do tvaru Hanojské věže na polohovadlu – „B“ (poz.8), které slouží jako pracovní stůl. Průmyslové roboty ABB IRB 140 jsou řízeny řídicím systémem IRC 5 (poz.5) firmy ABB, který zajišťuje vykonávání požadované činnosti.



Obr. 2-4: Schéma pracoviště varianty B

LEGENDA:

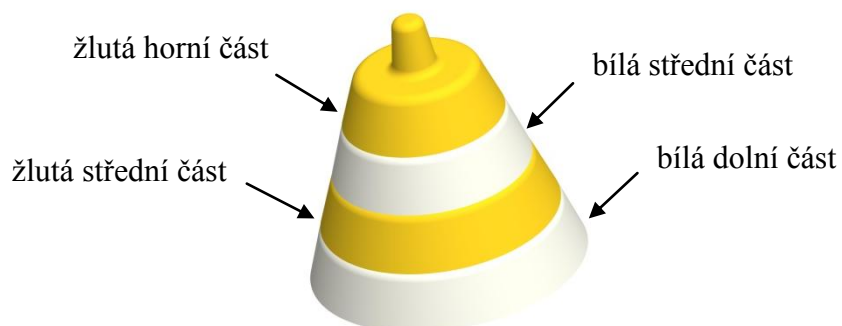
- [1] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A“
- [2] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „B“
- [3] Efektor Schunk PGN – plus 80
- [4] Efektor Schunk PZN – plus 64
- [5] Řídicí systém IRC 5
- [6] Pásový dopravník
- [7] Polohovadlo – „A“
- [8] Polohovadlo – „B“
- [9] Vedení polohovadla
- [10] Podstava
- [11] Objekt manipulace – Hanojské věže



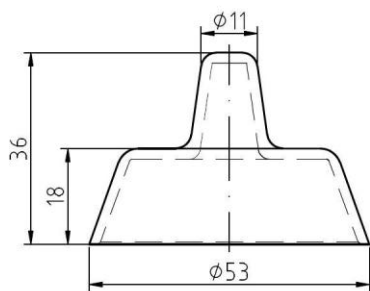
Obr. 2-5: 3D model pracoviště varianty B

2.3.2 Objekt manipulace

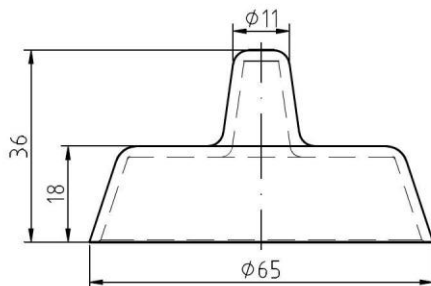
V této variantě byly zvoleny jako objekt manipulace k laboratorním účelům Hanojské věže z Centra Robototechniky.



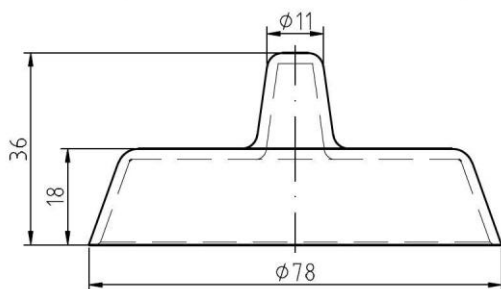
Obr. 2-6: 3D model Hanojské věže



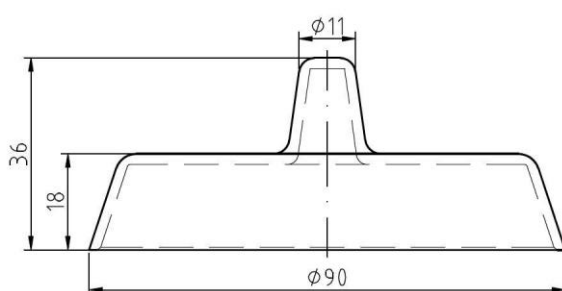
- *Popis:* žlutá horní část
- *Hmotnost:* 0,01 kg
- *Materiál:* plast



- *Popis:* bílá střední část
- *Hmotnost:* 0,02 kg
- *Materiál:* plast



- *Popis:* žlutá střední část
- *Hmotnost:* 0,02 kg
- *Materiál:* plast

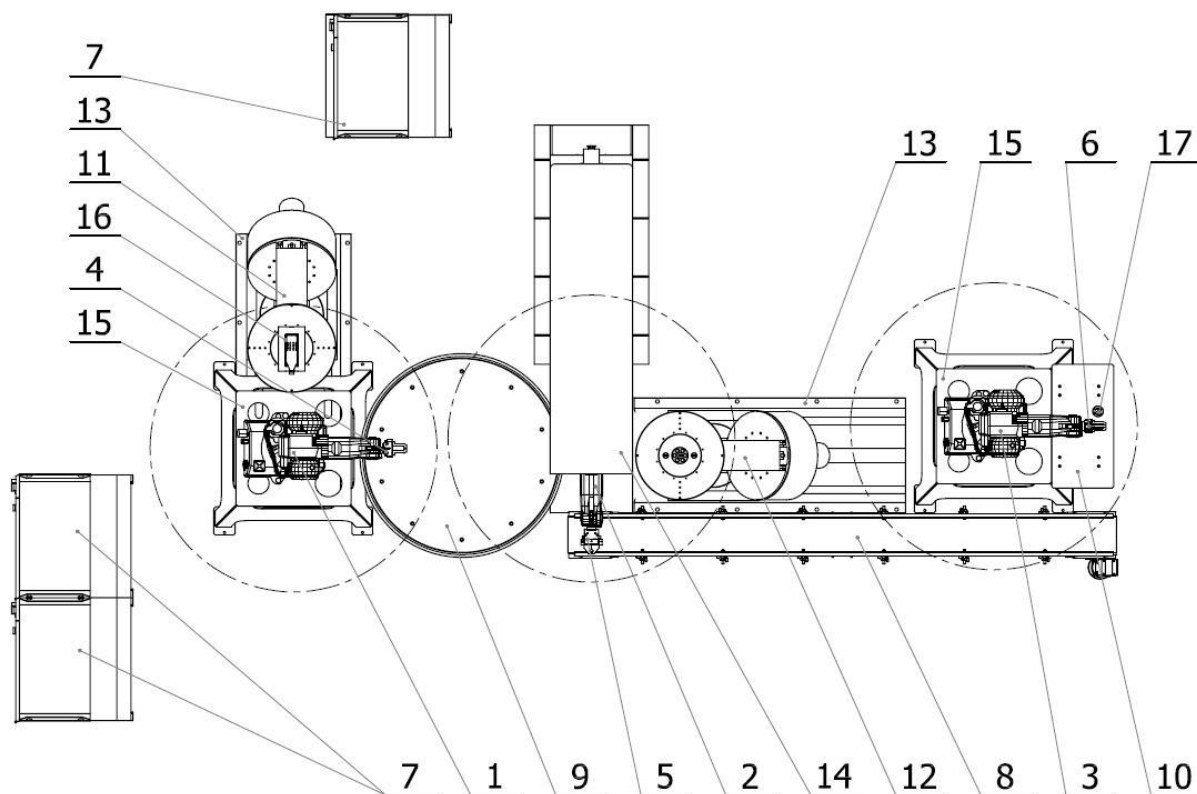


- *Popis:* bílá střední část
- *Hmotnost:* 0,03 kg
- *Materiál:* plast

2.4 Varianta C

2.4.1 Popis

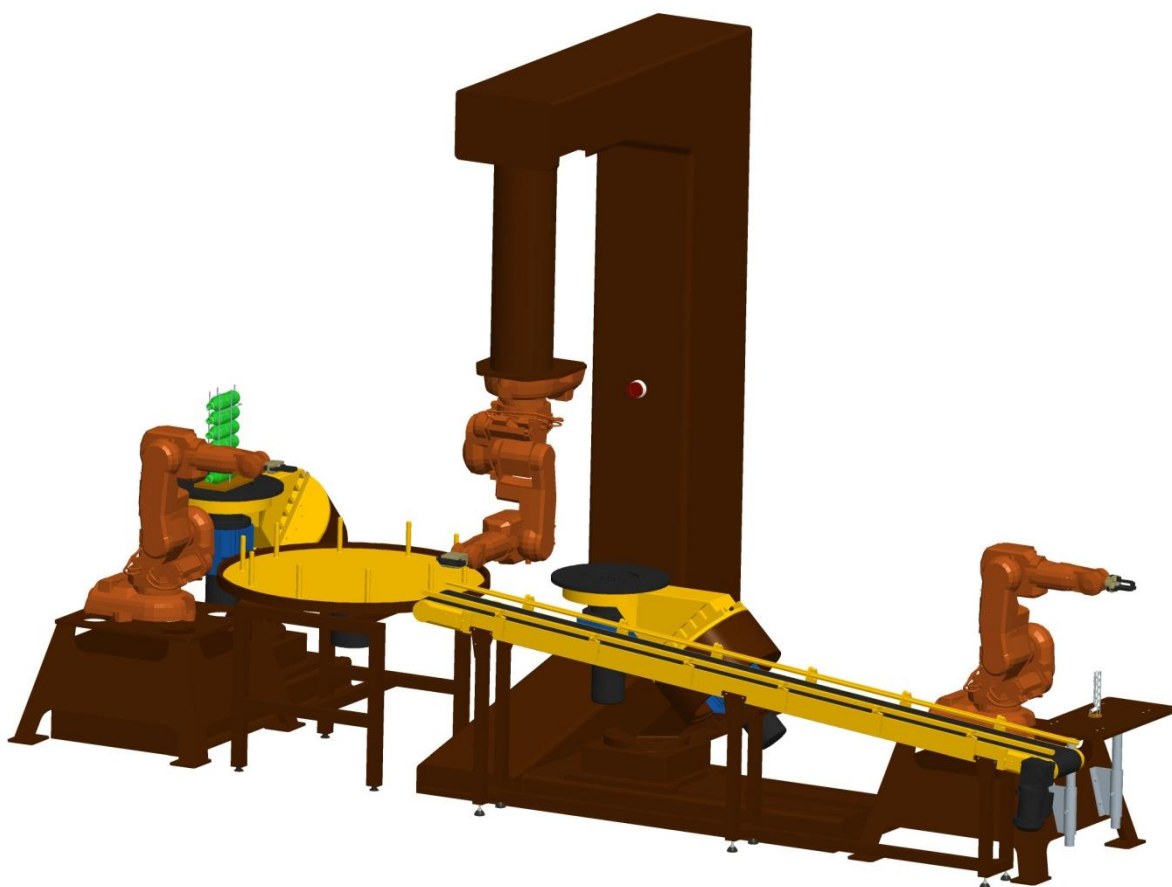
Poslední navržená varianta pracoviště slouží k uzavírání prázdných pet lahví. Účelem pracoviště je přesunout pet lahve a víčka pet lahví ze zásobníků na požadované místo, kde dochází k následnému uzavření pet lahve, pomocí průmyslových robotů a periferních zařízení. Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A“ (poz.1) odebírá postupně pet lahve ze zásobníku (poz.16) umístěném na polohovadle – „A“ (poz.11) pomocí efektoru PGN – plus 80 (poz.4) firmy Schunk. Pet lahve nasazuje dnem vzhůru na hroty otočného stolu (poz.9), který zajišťuje přesun na místo určené k odběru pet lahve z otočeného stolu. Z tohoto místa odebírá pet lahve průmyslový robot ABB IRB 140 – „B“ (poz.2) zavěšený na konzole stojanu (poz.14) pomocí efektoru PGF 80 (poz.5) firmy Schunk. Pet lahve pokládá do koncové polohy na polohovadlo – „B“ (poz.12), které slouží jako pracovní stůl. Na druhé straně pracoviště průmyslový robot ABB IRB 140 – „C“ (poz.3) s efektozem PZN – plus 64 firmy Schunk odebírá víčka pet lahve ze zásobníku (poz.17) umístěném na pracovním stole (poz.10). Víčka vkládá na šikmý pásový dopravník (poz.8) po kterém se dopravují k průmyslovému robotu ABB IRB 140 – „B“, který je odebírá a následně zašroubovává na pet lahve. Průmyslové roboty ABB IRB 140 jsou řízeny řídicím systémem IRC 5 (poz.7) firmy ABB, který zajišťuje vykonávání požadované činnosti.



Obr. 2-7: Schéma pracoviště varianty C

LEGENDA:

- [1] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „A“
- [2] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „B“
- [3] Průmyslový robot ABB IRB 140 – „C“
- [4] Efektor Schunk PGN – plus 80
- [5] Efektor Schunk PGF 80
- [6] Efektor Schunk PZN – plus 64
- [7] Řídicí systém IRC 5
- [8] Pásový dopravník šikmý
- [9] Otočný stůl
- [10] Pracovní stůl
- [11] Polohovadlo – „A“
- [12] Polohovadlo – „B“
- [13] Vedení polohovadla
- [14] Konzola stojanu
- [15] Podstava
- [16] Zásobník objektu manipulace – pet lahvi
- [17] Zásobník objektu manipulace – víček pet lahvi



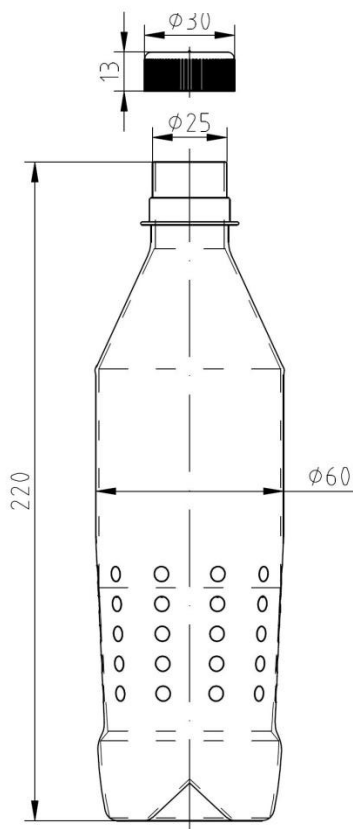
Obr. 2-8: 3D model pracoviště varianty C

2.4.2 Objekt manipulace

Objektem manipulace pro laboratorní účely v Centru robototechniky jsou prázdné pet lahve a víčka pet lahve, které slouží k uzavření láhve.



Obr. 2-9: 3D model pet lahve



- *Popis:* Sprite pet lahev
- *Výrobce:* Coca-Cola s.r.o.
- *Hmotnost:* 0,03 kg
- *Materiál:* plast
- *Objem:* 0,5 l
- *Počet:* 6 ks

3 Výběr optimální varianty

Výběr optimální varianty se provádí pomocí hodnotové analýzy ([8]).

3.1 Kritéria hodnocení

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Počet robotů	Počet použitých robotů na pracovišti
K2	Počet periferních zařízení	Počet použitých periférií na pracovišti
K3	Objekt manipulace	Dostupnost objektu manipulace
K4	Zastavěná plocha	Prostorová náročnost
K5	Cena	Předběžné náklady na vybavení pracoviště

Tab. 3-1: Stanovení kritérií

3.2 Bodovací stupnice

Pro hodnocení variant v jednotlivých kritériích je použita šestibodová stupnice.

Úroveň	Hodnota
vysoká	10
dobrá	8
průměrná	6
nízká	4
nevyhovující	2
nepříznivý stav	0

Tab. 3-2: Bodovací stupnice kritérií

3.3 Váha významnosti

Významnost	Hodnota
nejvyšší	2
nejnižší	1

Tab. 3-3: Významnost kritérií

3.4 Hodnocení jednotlivých kritérií

K1 – Počet robotů		
<i>Varianta</i>	<i>Počet použitých robotů na pracovišti</i>	<i>Počet bodů</i>
A	3x robot ABB IRB 140	10
B	2x robot ABB IRB 140	6
C	3x robot ABB IRB 140	10
K2 – Počet periferních zařízení		
<i>Varianta</i>	<i>Počet použitých periférií na pracovišti</i>	<i>Počet bodů</i>
A	1x pásový dopravník	4
B	1x pásový dopravník	4
C	1x pásový dopravník, 1x otočný stůl	8
K3 – Objekt manipulace		
<i>Varianta</i>	<i>Dostupnost objektu manipulace</i>	<i>Počet bodů</i>
A	Dobře dostupný	6
B	Dostupný na katedře robototechniky	10
C	Snadno dostupný	8
K4 – Zastavěná plocha		
<i>Varianta</i>	<i>Prostorová náročnost</i>	<i>Počet bodů</i>
A	8,11 m ²	6
B	5,95 m ²	8
C	8,89 m ²	4
K5 – Cena		
<i>Varianta</i>	<i>Předběžné náklady na vybavení pracoviště</i>	<i>Počet bodů</i>
A	Vyšší náklady	6
B	Vyšší náklady	6
C	Vysoké náklady dané počtem periférií	2

Tab. 3-4: Hodnocení jednotlivých kritérií

3.5 Určení významnosti kritérií

K určení významnosti kritérií se používá metoda porovnání v trojúhelníku párů.

Významnější kritérium je zvýrazněné tučně.

Vypracoval: Bartek Tomáš					
Porovnávané páry kritérií				Počet voleb (v)	Pořadí
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	3,5 -	1. -2.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	1,5 -	3.
		K3 K4	K3 K5	1 -	4.
			K4 K5	0,5 3,5	5. 1. – 2.
			Celkem	10	-

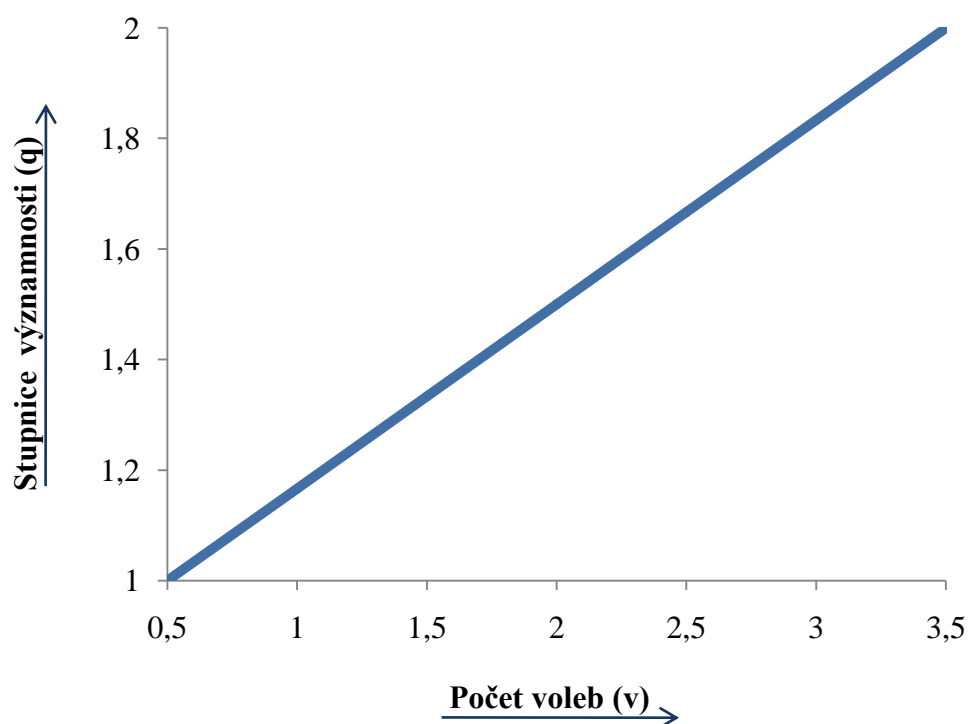
Tab. 3-5: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle autora bakalářské práce

Vypracoval: Buček Miroslav					
Porovnávané páry kritérií				Počet voleb (v)	Pořadí
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	3,5 -	1.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	3 -	2.
		K3 K4	K3 K5	0,5 -	4. – 5.
			K4 K5	0,5 2,5	4. – 5. 3.
			Celkem	10	-

Tab. 3-6: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle osloveného experta

Váha významnosti v závislosti na počtu voleb je dána vztahem (1).

$$\begin{aligned}
 q &= f(v) & 1 &= a \cdot 0,5 + b \Rightarrow b = 1 - 0,5 \cdot a & b &= 1 - 0,5 \cdot \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \\
 q &= a \cdot v + b & 2 &= a \cdot 3,5 + b & & \\
 & & 2 &= a \cdot 3,5 + 1 - 0,5 \cdot a \Rightarrow a = \frac{1}{3} & & \\
 & & & & q &= \frac{1}{3} \cdot v + \frac{5}{6} & (1)
 \end{aligned}$$



Graf 3-1: Stanovení váhy významnosti ([8])

Kritérium	Váha významnosti (q)	Střední hodnota počtu voleb (v)	Pořadí
K1	2	3,5	1.
K2	1,58	2,25	3.
K3	1,08	0,75	4.
K4	1	0,5	5.
K5	1,83	3	2.

Tab. 3-7: Váha významnosti

3.6 Výběr optimální varianty

Varianta A			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti kritéria (q)	Vážený index kritéria
K1	10	2	20
K2	4	1,58	6,32
K3	6	1,08	6,48
K4	6	1	6
K5	6	1,83	10,98
Celkový součet vážených indexů varianty A:			49,78

Tab. 3-8: Součet vážených indexů varianty A

Varianta B			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti kritéria (q)	Vážený index kritéria
K1	6	2	12
K2	4	1,58	6,32
K3	10	1,08	10,8
K4	8	1	8
K5	6	1,83	10,98
Celkový součet vážených indexů varianty B:			48,1

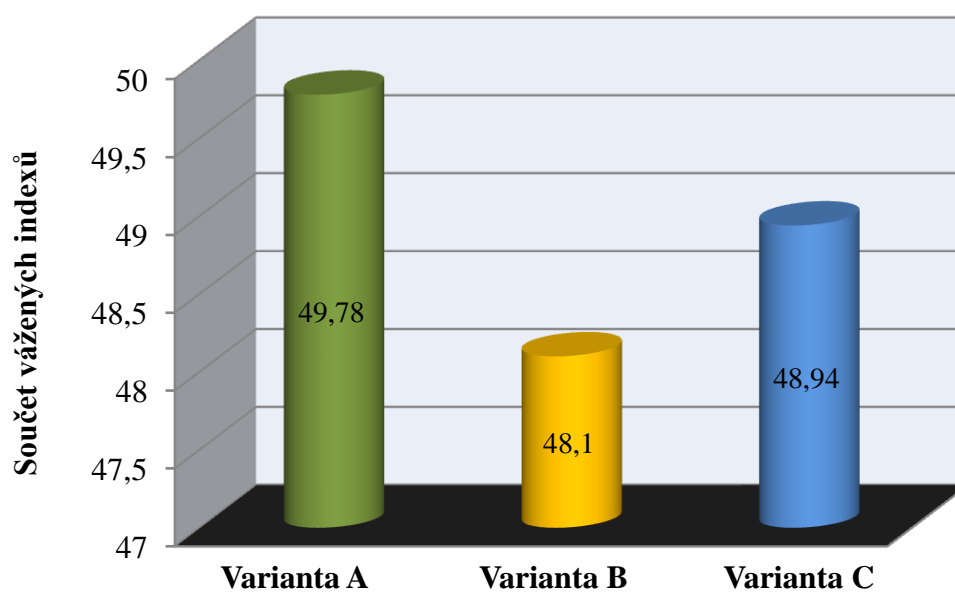
Tab. 3-9: Součet vážených indexů varianty B

Varianta C			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti kritéria (q)	Vážený index kritéria
K1	10	2	20
K2	8	1,58	12,64
K3	8	1,08	8,64
K4	4	1	4
K5	2	1,83	3,66
Celkový součet vážených indexů varianty A:			48,94

Tab. 3-10: Součet vážených indexů varianty C

Varianta	Celkový součet vážených indexů	Pořadí
A	49,78	1.
B	48,1	3.
C	48,94	2.

Tab. 3-11: Shrnutí výsledků hodnotové analýzy

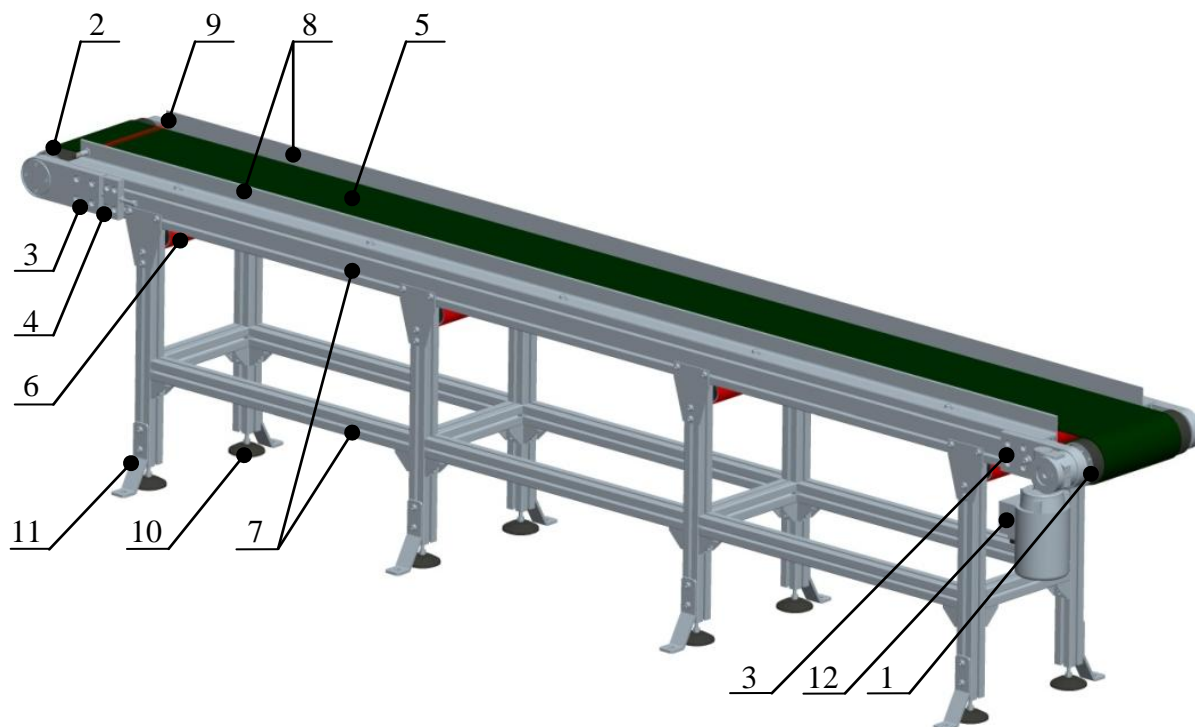


Graf 3-2: Porovnání vážených indexů jednotlivých variant

Optimální variantou se jeví varianta A, která v hodnotové analýze získala nejvyšší celkový součet vážených indexů.

4 Konstrukční řešení pásového dopravníku

Pásový dopravník slouží k přepravě kusových a sypkých materiálů na krátké i dlouhé vzdálenosti ([7]). Ve vybrané variantě pracoviště byl zvolen pásový dopravník pro přepravu hokejových puků o průměru 75 mm a hmotnosti 0,163 kg.



Obr. 4-1: 3D model pásového dopravníku

Popis:

1 – Hnací buben, 2 – Hnaný buben, 3 – Ložiskový domek, 4 – Napínací zařízení, 5 – Dopravníkový pás, 6 – Opěrné válečky, 7 – Nosný systém, 8 – Ochranné vedení, 9 – Optický senzor, 10 – Stavěcí noha, 11 – Kotvení, 12 – Motor

Pásový dopravník	
Rozměry (délka x šířka x výška):	3100 mm x 368 mm x 700 mm
Dopravní délka:	3000 mm
Požadovaná rychlost (v):	0,3 m/s
Požadovaný dopravní výkon (N):	720 ks/h

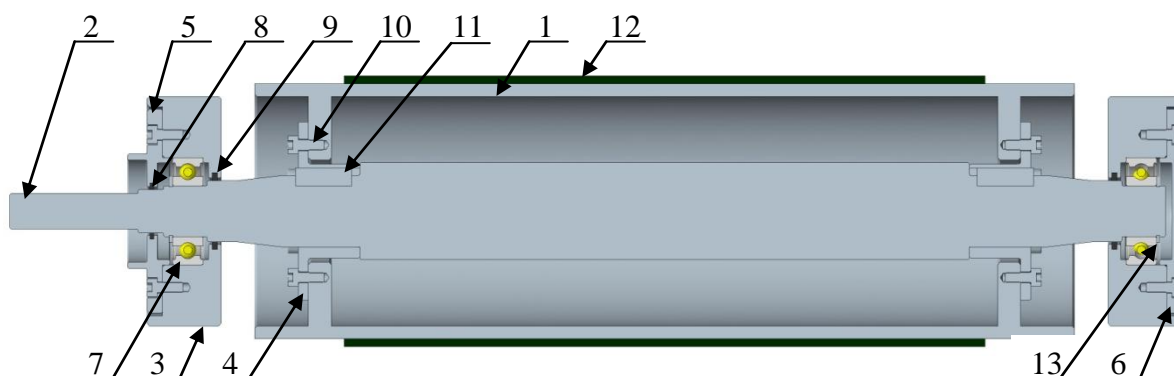
Tab. 4-1: Základní technické parametry dopravníku

4.1 Hnací buben

Hnací buben přeměňuje točivý moment pohonu na tažnou sílu. K přeměně dochází třením mezi povrchem bubnu a dopravním pásem. Byla zvolena svařovaná konstrukce bubnu. ([7])



Obr. 4-2: hnací bubnu



1 – Hnací buben, 2 – Hnací hřídel, 3 – Ložiskový domek, 4 – Víko bubnu,
5 – Průchozí víko lož.domku, 6 – Uzavřené víko lož.domku, 7 – Ložisko 6004 ČSN 02 4630,
8 – Těsnící kroužek 17 x 22 ČSN 02 9310.1, 9 – Těsnící kroužek 24 x 30 ČSN 02 9310.1,
10 – Šroub M4 x 10 ISO 4762 – 12.9, 11 – Pero 6e7 x 6 x 22 ČSN 02 2562, 12 – Pás F22 –
11, 13 – Pojistný kroužek 20 ČSN 02 2930

Obr. 4-3: Řez hnacím bubnem

4.2 Hnaný buben

Hnaný buben mění směr pohybu pásu. Konstrukce hnaného bubnu vychází z konstrukčního provedení hnacího bubnu. Rozdíl je v použité hřídeli, kdy u hnaného bubnu byla použita hnaná hřídel, která nemá výstup na motor. ([7])



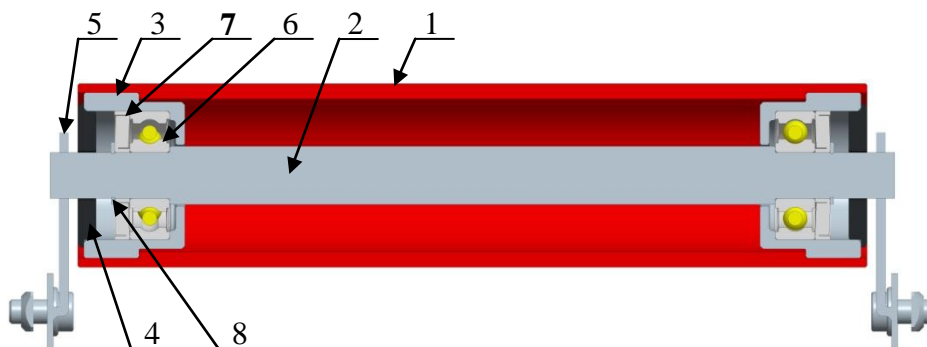
Obr. 4-4: Hnaný buben

4.3 Opěrné válečky

Vedení a podepření dopravníkového pásu zajišťuje systém opěrných válečků nebo opěrného vedení. Byl zvolen systém opěrných válečků z důvodu menšího tření mezi pásem a válečkem. V horní větvi pásového dopravníku je sedm opěrných válečků a v dolní větvi dopravníku jsou čtyři opěrné válečky. Výhodou opěrných válečků je lepší vedení. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena oproti opěrnému vedení.



Obr. 4-5: Opěrný váleček

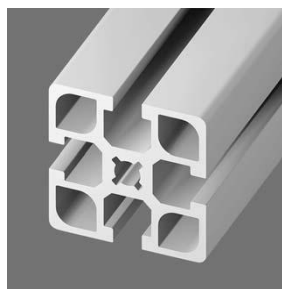


1 – Opěrný válec, 2 – Pevná hřídel, 3 – Pouzdro, 4 – Ochranný kryt, 5 – Držák válečku, 6 – Ložisko 6302 RSH, 7 – Lamelové těsnění, 8 – Pojistný kroužek 15 ČSN 02 2930,

Obr. 4-6: Řez Opěrným válečkem

4.4 Nosný systém

Nosný systém dopravníku tvoří hliníkové profily 45x45F a 45x90F firmy MiniTec ([14]). Tyto profily umožňují jednoduchou montáž pomocí typizovaných spojovacích dílů. Oproti klasickým železným profilům mají menší hmotnost, odpadá svařování, vrtání a povrchová úprava profilů.



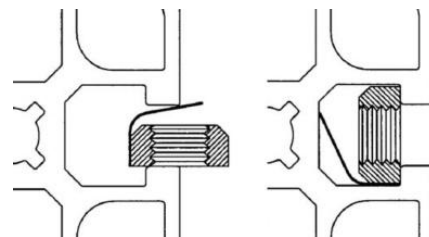
Obr. 4-8: Profil 45x45F ([14])



Obr. 4-7: Profil 45x90F ([14])



Obr. 4-10: Spojovací prvek – úhelník ([14])

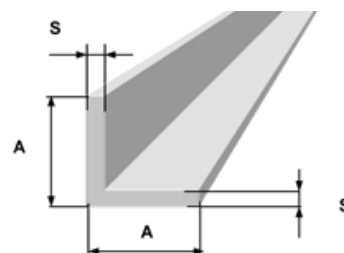


Obr. 4-9: Matice s jazýčkem ([14])

Vedení objektu přepravy a zamezení jeho pádu z dopravníku zajišťují hliníkové rovnoramenné L-profilu firmy Axel group ([12]).

Rozměry profilu	
Délka (l_b):	2850 mm
Šířka (A):	45 mm
Tloušťka (s):	3 mm

Tab. 4-2: Rozměry L-profilu



Obr. 4-11: Hliníkový L-profil ([12])

4.5 Dopravníkový pás

Nekonečný prvek obíhající okolo hnaného a hnacího bubnu sloužící k nesení materiálu. Přenáší odpory vznikající při jeho oběhu ([7]).

Pro průměr bubnu 100 mm byl zvolen PVC pás typu F22-11 firmy Gumex ([10]). Šířka pásu byla zvolena 250 mm z hlediska budoucího jiného využití dopravníku v laboratoři UCR.

PVC pás F22-11	
Šířka:	250 mm
Síla:	3,1 mm
Min. průměr bubnu:	50 mm
Hmotnost:	3,4 kg/m ²
Pevnost:	10 N/mm
Pracovní teplota:	od -10°C do +90°C
Barva:	zelená

Tab. 4-3: Technické parametry pásu F22-11 ([10])



Obr. 4-12: PVC pás F22-11 ([10])

4.6 Optický senzor

Vymezení polohy objektu manipulace na pásu zajišťuje optický senzor s infračerveným světlem. Byl zvolen systém jednocestné světelné závory, který se skládá z vysílače a přijímače. Po přerušení infračerveného paprsku dojde k sepnutí a tím k zastavení pásového dopravníku. Vysílač a přijímač jsou připevněny k vedení dopravníku.

Jednocestná světelná závora		
Vysílač	Typ:	OF5018
	Výrobce:	Ifm electronic
	Rozměr závitu:	M12x1
	Dosah:	4 m
	Druh světla:	Infračervené světlo 880nm
	Připojení:	PUR-kabel / 2 m; 2 x 0,34 mm ²
	Provozní teplota:	-25°C až +60°C
Přijímač	Typ:	OF5019
	Výrobce:	Ifm electronic
	Rozměr závitu:	M12x1
	Dosah:	4 m
	Druh světla:	Infračervené světlo 880nm
	Připojení:	PUR-kabel / 2 m; 2 x 0,34 mm ²
	Provozní teplota:	-25°C až +60°C

Tab. 4-4: Optický senzor ([15])



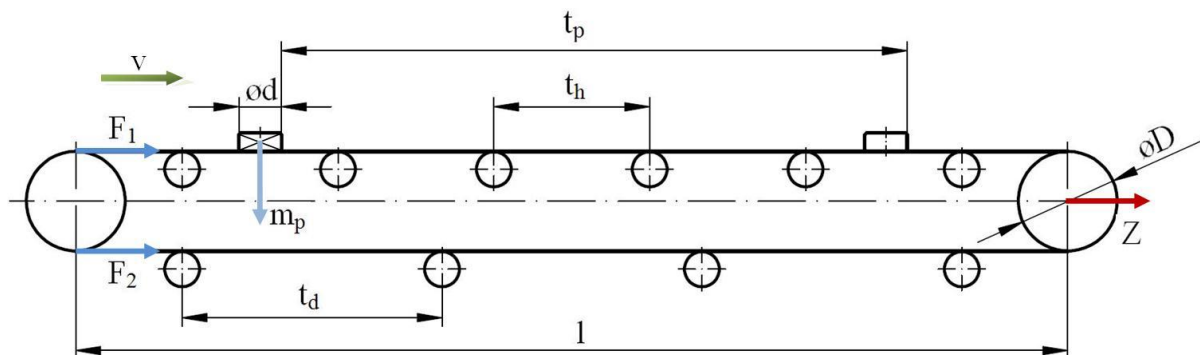
Obr. 4-14: Vysílač OF5018 ([15])



Obr. 4-13: Přijímač OF5019 ([15])

4.7 Výpočet ([6])

Hodnoty: $\varnothing D = 0,1 \text{ m}$ $N = 720 \text{ ks} \cdot \text{h}^{-1}$ $\varnothing d = 0,075 \text{ m}$ $l = 3 \text{ m}$ $m_p = 0,163 \text{ kg}$
 $t_d = 0,8 \text{ m}$ $t_h = 0,54 \text{ m}$ $v = 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



Obr. 4-15: Výpočtové schéma ([6])

Kde: D ... průměr hnacího a hnaného bubnu [m]
 F_1 ... maximální tah v pásu – v místě náběhu na buben [N]
 F_2 ... maximální tah v pásu na sbíhající straně bubnu [N]
 Z ... napínací síla [N]
 d ... průměr objektu manipulace (puku) [m]
 l ... dopravní délka [m]
 m_p ... hmotnost objektu manipulace (puku) [kg]
 t_d ... rozteč válečků v dolní větvi [m]
 t_h ... rozteč válečků v horní větvi [m]
 t_p ... rozteč objektu manipulace (puku) [m]
 v ... rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Počet puků na dopravníku – k :

$$k = \frac{N \cdot l}{3600 \cdot v} = \frac{720 \cdot 3}{3600 \cdot 0,3} = \underline{\underline{2 \text{ puky}}} \quad (2)$$

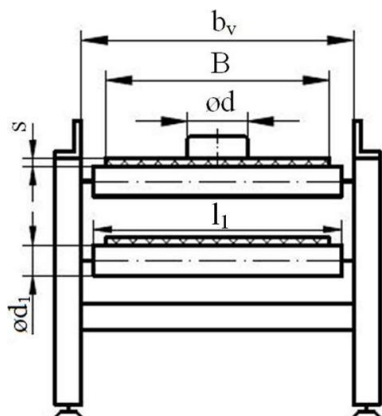
Určení rozteče objektu manipulace (puků) – t_p :

$$t_p = \frac{3600 \cdot v}{N} = \frac{3600 \cdot 0,3}{720} = \underline{\underline{1,5 \text{ m}}} \quad (3)$$

Hmotnost dopravovaného materiálu na dopravníku – m_l :

$$m_l = m_p \cdot k = 0,163 \cdot 2 = \underline{\underline{0,326 \text{ kg}}} \quad (4)$$

Hodnoty: $B = 0,25 \text{ m}$ $b_v = 0,278 \text{ m}$ $\phi d_1 = 0,06 \text{ m}$ $l_1 = 0,258 \text{ m}$ $s = 3,1 \text{ mm}$
 $m_v = 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$



Kde: B ... šířka pásu [m]
 b_v ... světlá šířka [m]
 d ... průměr objektu manipulace [m]
 d_1 ... průměr opěrného válečku [m]
 l_1 ... délka opěrného válečku [m]
 s ... síla pásu [m]
 m_v ... hmotnost 1 m^2 pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

Obr. 4-16: Schematický řez dopravníkem ([6])

Hmotnost dopravovaného materiálu na 1m délky dopravníku – q_1 :

$$q_1 = \frac{m_l}{l} = \frac{0,326}{3} = \underline{\underline{0,109 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}}} \quad (5)$$

Hmotnost 1m pásu – q_2 :

$$q_2 = B \cdot (s + m_v) = 0,25 \cdot (3,1 + 3,4) = \underline{\underline{1,625 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}}} \quad (6)$$

Hmotnost rotujících částí válečků v horní větvi dopravníku – q_{rh} :

$$q_{rh} = \frac{m_{rh} \cdot n_h}{t_h} = \frac{2,96 \cdot 6}{0,54} = \underline{\underline{32,889 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}}} \quad (7)$$

Hmotnost rotujících částí válečků dolní větve dopravníku – q_{rd} :

$$q_{rd} = \frac{m_{rd} \cdot n_d}{t_d} = \frac{2,96 \cdot 4}{0,8} = \underline{\underline{14,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}}} \quad (8)$$

Stanovení hlavního odporu v horní větvi dopravníku – F_{Hh} :

$$F_{Hh} = \mu \cdot l \cdot g \cdot [q_1 + q_2 + q_{rh}] \quad (9)$$

$$F_{Hh} = 0,02 \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot [0,109 + 1,625 + 32,889] = \underline{\underline{20,379 \text{ N}}}$$

Volím globální součinitel tření $\mu = 0,02$.

Stanovení hlavního odporu v dolní větvi dopravníku – F_{Hd} :

$$F_{Hd} = \mu \cdot l \cdot g \cdot [q_2 + q_{rd}] = 0,02 \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot [1,625 + 14,8] = \underline{\underline{9,668 \text{ N}}} \quad (10)$$

Stanovení vedlejších odporů – F_{v2} , F_{v3} :

Odpor vlivem ohybu pásu přes bubny je předběžně odhadnut na 100 N pro jeden buben.

$$F_{v2} = 200 \text{ N} \quad (11)$$

Odpor vlivem čepového tření u nepoháněných bubnů je odhadnut na 100 N na jeden buben.

$$F_{v3} = 100 \text{ N} \quad (12)$$

Přídavný odpor bočního vedení – F_{pb} :

Zabraňuje pádu puku z dopravníku.

$$F_{pb} = \mu_2 \cdot \frac{q_1^2 \cdot l_b \cdot g}{2 \cdot b_v} = 0,6 \cdot \frac{0,109^2 \cdot 2,85 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,278} = \underline{\underline{0,358 \text{ N}}} \quad (13)$$

Součinitel smykového tření mezi pukem a bočním vedením $\mu_2 = 0,6$.

Maximální tah v pásu – F_1 , F_2 :

V místě náběhu pásu na hnací buben

$$F_1 = \frac{Z}{2} + F_{Hh} + F_{v2} + F_{v3} + F_{pb} \quad (14)$$

Tah v pásu na sbíhající straně hnacího bubnu

$$F_2 = \frac{Z}{2} - F_{Hd} \quad (15)$$

Obvodová síla na hnacím bubnu – F :

$$F = F_1 - F_2 \quad (16)$$

$$F = F_{Hh} + F_{Hd} + F_{v2} + F_{v3} + F_{pb}$$

$$F = 20,379 + 9,668 + 200 + 100 + 0,358 = \underline{\underline{330,405 \text{ N}}}$$

Požadovaný výkon na hřídeli hnacího bubnu – P:

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{330,405 \cdot 0,3}{0,8} = \underline{\underline{123,902 \text{ W}}} \quad (17)$$

Účinnost převodu $\eta = 0,8$.

Velikost napínací síly – Z:

$$Z = 2 \cdot (F_2 + F_{Hd}) \quad (18)$$

Síla F_2 lze vyjádřit v závislosti na F .

$$F_2 = F \cdot \frac{1}{e^{\alpha \cdot f}} = 330,405 \cdot \frac{1}{e^{\pi \cdot 0,3} - 1} = \underline{\underline{210,942 \text{ N}}} \quad (19)$$

Součinitel tření mezi pásem a bubnem $f = 0,3$.

Úhel opásání v obloukové míře $\alpha = 180^\circ$.

$$Z = 2 \cdot (210,942 + 9,668) = \underline{\underline{441,22 \text{ N}}}$$

Doporučuje se napínací sílu zvětšit o 5÷10 %.

Hodnota napínací síly tedy bude 460 N.

Kontrola pevnosti tažného orgánu

Maximální tah v pásu po korekci napínací síly

$$F_1 = \frac{Z}{2} + F_{Hh} + F_{v2} + F_{v3} + F_{pb} = \frac{460}{2} + 20,379 + 200 + 100 + 0,358 = \underline{\underline{550,737 \text{ N}}} \quad (20)$$

Dovolený tah v pásu je 10N na 1mm šířky, to znamená, že pro pás široký 250mm je dovolená tahová síla $F_D=2500 \text{ N}$.

$$F_1 \leq F_D \quad (21)$$

$550,737 \text{ N} \leq 2500 \text{ N} \Rightarrow$ pás pevnostně vyhovuje

Otáčky bubnu - n_B :

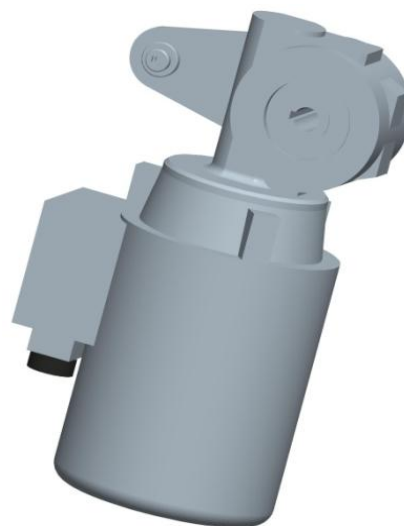
$$n_B = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{0,3}{\pi \cdot 0,1} = 0,955 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1} = \underline{\underline{57,296 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}}} \quad (22)$$

4.8 Motor

Podle vypočteného výkonu a otáček na hřídeli hnacího bubnu byla provedena volba motoru. Byl zvolen motor DSGM 180-20 firmy MiniTec ([14]). Tato firma se specializuje na výrobu motorů pro dopravní systémy.

Motor DSGM 180-20	
<i>Výkon:</i>	180 W
<i>Krouticí moment:</i>	18 Nm
<i>Otáčky:</i>	70 ot/min
<i>Převodový poměr:</i>	20

Tab. 4-5: Technické parametry motoru

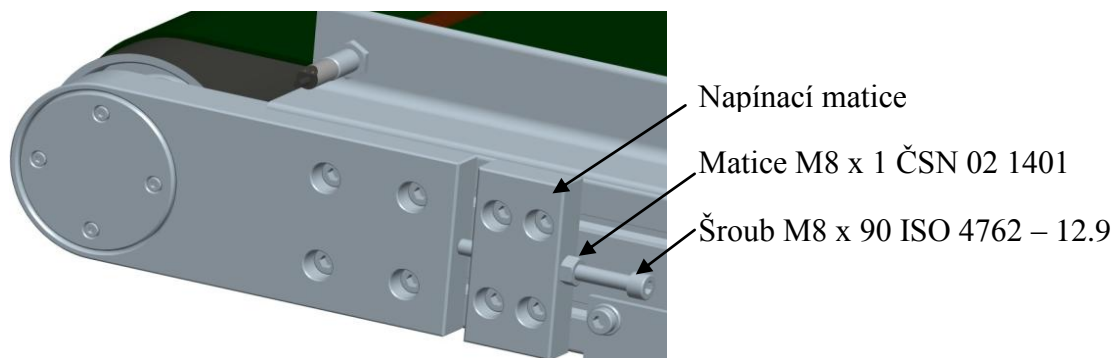


Obr. 4-17: 3D model motoru DSGM 180-20

4.9 Napínací zařízení

Napínací zařízení zamezuje průhyb dopravníkového pásu mezi opěrnými válečky a zajišťuje potřebné předpětí dopravníkového pásu pro přenos tažné síly třením z hnacího bubnu ([7]). Byl zvolen systém napínacího šroubu, který napíná ložiskový domek a tím dochází k napnutí dopravníkového pásu. Matice M8 slouží jako kontra matice.

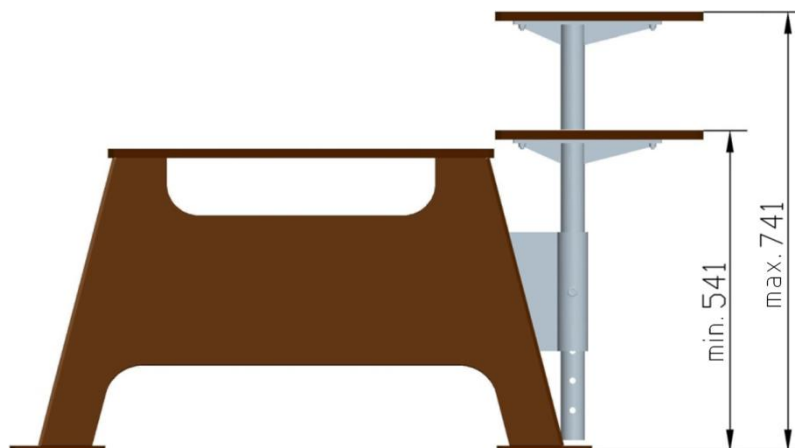
Volím napínací šroub M8 x 90 ISO 4762 – 12.9 ([5]).



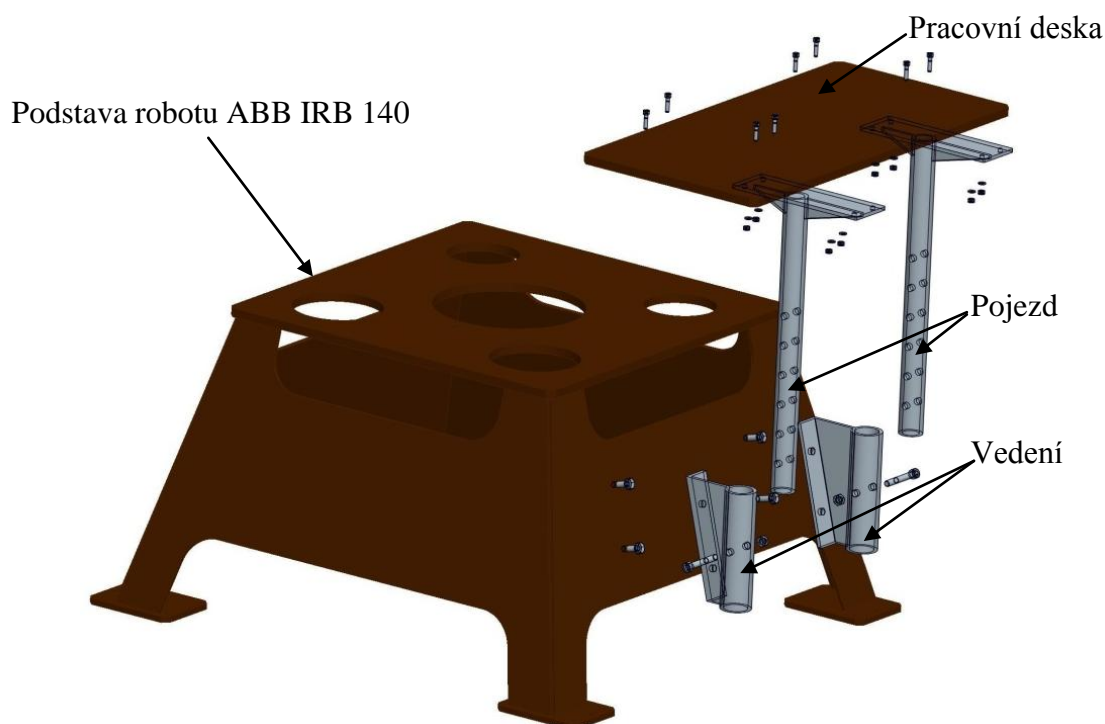
Obr. 4-18: Napínací zařízení

5 Konstrukční řešení pracovního stolu

Podstava robotu ABB IRB 140 je vybavena polohovacím pracovním stolem. Výhodou tohoto mechanismu oproti pevné konstrukci je možnost výškového nastavení pracovního stolu do požadované polohy. Rozmezí nastavované polohy od země je 541mm až 741 mm po 50 mm. Mechanismus je pevně spojen s podstavou robotu ABB IRB 140 pomocí šroubů, nelze tedy změnit polohu pracovní desky posunutím a tím zabráňuje přeprogramování robotu.



Obr. 5-1: Rozmezí výškové polohy pracovního stolu



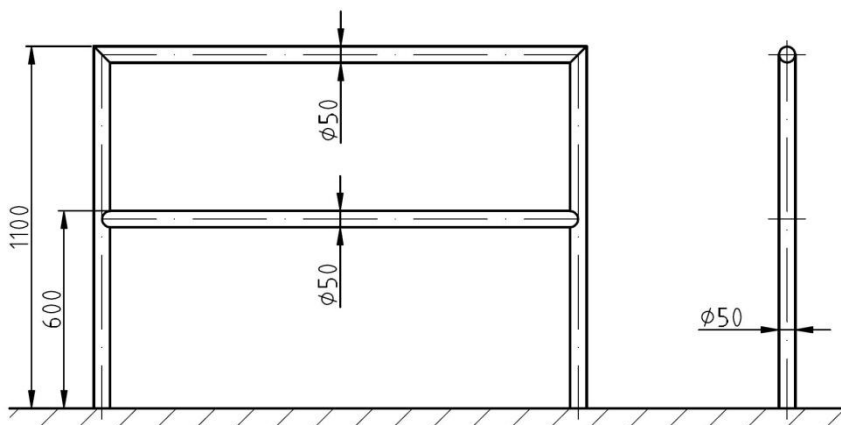
Obr. 5-2: Polohovací pracovní stůl

6 Bezpečnostní opatření

6.1 Ochranné zábradlí a závory

Pracoviště v Centru robototechniky je z bezpečnostních důvodů ohrazeno ochranným zábradlím. Zábradlí je vysoké 1100mm a ve výšce 600mm má vodorovnou příčku.

Barevné provedení: - šedá ●



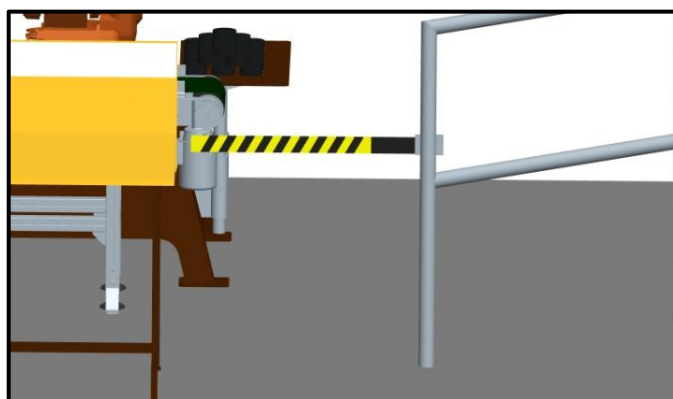
Obr. 6-1: Ochranné zábradlí pracoviště ([3])

Pracoviště je vybaveno dvěma ochrannými závory, které slouží pro vstup do pracoviště.

Barevné provedení: - kontrastní žlutočerné pruhy



Obr. 6-2: Šrafování dle ČSN 01 8010 ([3])



Obr. 6-3: 3D model ochranné závory

6.2 *Uspořádání a barevné řešení jednotlivých strojů a zařízení*

Stroje a zařízení musí být rozmístěny v pracovišti s ohledem na bezpečnou vzdálenost od ochranného zábradlí kvůli zamezení kontaktu člověka se zařízením ([3]).

Pasivní bezpečnost na pracovišti je zajištěna barevným provedením jednotlivých strojů a zařízení:

- **Průmyslový robot ABB IRB 140**

Barevné provedení: - *oranžová* ●

- **Řídicí systém ABB IRC 5**

Barevné provedení: - *šedá* ●

- **Pásový dopravník**

Barevné provedení: - *šedá* ●

- **Polohovadlo**

Barevné provedení: - *žlutá* ●

- **Pracovní stůl**

Barevné provedení: - *hnědá* ●

- **Vedení polohovadla**

Barevné provedení: - *hnědá* ●

- **Podstava robotu**

Barevné provedení: - *hnědá* ●

- **Konzola sloupu**

Barevné provedení: - *hnědá* ●

7 Časová studie

V časové studii jsou uvedeny odhadované časy jednotlivých manipulačních operací. Pro zjištění přesných časů pohybů robotů je třeba provést hlubší studii.

Popis operace	Čas [s]
1. Operace	
Uchopení a přemístění puku z pracovního stolu na pásový dopravník	4s
Přesun puku po pásovém dopravníku	10s
Uchopení puku z pásového dopravníku a uložení do krabice	4s
<i>Celkový čas přesunu jednoho puku</i>	<i>18s</i>
<i>Celkový čas přesunu všech puků</i>	<i>648s</i>
2. Operace	
Uchopení víka krabice z polohovadla a následné uzavření krabice	5s
<i>Celkový čas</i>	<i>653s</i>

Tab. 7-1: Předběžný odhad časů jednotlivých operací

8 Popis potřebných energií

V pracovišti je využita elektrická a pneumatická energie. Napájení jednotlivých zařízení na pracovišti je zajištěno pomocí rozvaděče elektrické energie a stlačeného vzduchu, které jsou umístěny na sloupu s označením B3.

Zařízení	ks	El. energie	Pneu. energie	Příkon	Napájecí napětí	Maximální tlak
Robot ABB IRB 140	3	✓	-	400W	200–600V, 50/60Hz	-
Řídicí systém IRC 5	3	✓	-	-	200–600V, 50/60Hz	-
Pásový dopravník	1	✓	-	200W	230/400V, 50Hz	-
Optický senzor	1	✓	-	-	10–36V	-
Efektor PGF 80	1	-	✓	-	-	8 bar
Efektor PGN - plus 80	1	-	✓	-	-	8 bar
Pneu. efektor s přísavkami	1	-	✓	-	-	5 bar

Tab. 8-1: Popis energií

9 Technicko-ekonomické zhodnocení

K určení celkové ceny pracoviště je třeba provést podrobnou studii možnosti výroby jednotlivých částí pásového dopravníku a pracovního stolu. Pracoviště má sloužit pro výukové účely v Centru robototechniky, nelze tedy spočítat finanční návratnost pracoviště.

Pásový dopravník						
Poř. číslo	Ev. číslo	Popis zboží	Délka [mm]	ks	Jedn. cena [EUR]	Celk. cena [EUR]
Firma: MiniTec						
1	20.1032/0	Profil 45x90 F	2850,0	2	74,25	148,5
2	20.1033/0	Profil 45x45 F	755,0	6	10,66	63,96
3	20.1033/0	Profil 45x45 F	550,0	8	8,04	64,32
4	20.1033/0	Profil 45x45 F	278,0	4	4,56	18,24
5	33.0073/0	Motor DSGM 180 - 20		1	280	280
6	21.1112/0	Kotvení k podlaze		8	6,95	55,6
7	21.1892/0	Stavěcí noha		8	5,75	46
8	21.1107/0	Spojovací úhelník 19 GD		20	2,30	46
9	21.1238/0	Šroub M6x16		146	0,10	14,6
10	21.1310/2	Čtv. matice M4		16	0,23	3,68
11	21.1310/0	Čtv. matice M4 s vymezením polohy		153	0,40	61,2
Cena celkem:						802,1
Firma: Gumex						
1	0928025	Dopravníkový pás PVC F22-11	3200	1	110,9	110,9
Cena celkem:						110,9
Cena celkem:						913

Tab. 9-1: Ekonomická studie nakupovaných součástí pásového dopravníku

Pozn. 1 Euro = 25,1 Kč k datu 18. 4. 2010.

Sestava objektu manipulace				
Poř. číslo	Popis zboží	ks	Jedn. cena [Kč]	Celk. cena [Kč]
Firma: Gufex				
1	Hokejový puk	32	20	640
Firma: KH Box				
2	Papírová krabice	1	160	160
Cena celkem:				800

Tab. 9-2: Ekonomická studie objektu manipulace

Pozn. Uvedené ceny jsou platné k danému datu – 18. 4. 2010.

10 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout pro UCR laboratoř jednoduché pracoviště pro manipulaci s vybranými objekty se 2 až 3 roboty ABB IRB 140.

V první části bakalářské práce byla provedena analýza stávajících zařízení v Centru robototechniky. Byly popsány technické parametry, kinematická struktura a použití průmyslového robotu ABB IRB 140. Na základě požadavkového listu byly navrženy 3 varianty jednoduchého pracoviště pro manipulaci s vybranými objekty manipulace. Pomocí hodnotové analýzy byl proveden výběr optimální varianty pracoviště. Tato varianta byla dále podrobněji zpracována.

V druhé části bakalářské práce byl zpracován konstrukční návrh pásového dopravníku, jako vybraný konstrukční uzel z pracoviště. Pásový dopravník má dopravní délku 3000 mm a šířka dopravníkového pásu F22-11 je 250mm. Tyto parametry dopravníku byly zvoleny z hlediska budoucího jiného využití pásového dopravníku v laboratoři Centra robototechniky. Nosný systém dopravníku byl zvolen od firmy MiniTec, která dodává hliníkové profily na požadované rozměry. Podle provedených výpočtů pásového dopravníku byla provedena volba motoru. Byl zvolen motor DSGM 180-20 firmy MiniTec. K vymezení polohy objektu přepravy na dopravníku byl navrhnout systém jednocestné světelné závory od firmy Ifm Electronic.

Součástí práce je také konstrukční návrh polohovacího pracovního stolu podstavy robotu ABB IRB 140. Pracovní stůl umožňuje výškové nastavení pracovní desky od země v rozmezí 541mm až 741mm po 50mm.

Závěrem bakalářské práce je provedeno bezpečnostní opatření, časová studie, popis potřebných energií a technicko-ekonomické zhodnocení. Pracoviště má sloužit pro laboratorní úlohy, nelze tedy spočítat návratnost pracoviště.

V bakalářské práci je třeba dořešit odebírání objektu manipulace z pracovního stolu. K zamezení posunutí objektu manipulace na pracovním stole je třeba vybavit pracovní stůl jednoduchým zásobníkem, který bude pevně spojen s pracovním stolem, nebo osadit průmyslové roboty ABB IRB 140 příslušnými senzory.

Bakalářská práce je doložena výkresovou dokumentací dispozičního řešení optimální varianty pracoviště a sestavným výkresem pásového dopravníku.

11 Seznam použitých pramenů

- [1] BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2002. 114 s. ISBN 80-248-0217-1.
- [2] HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2005. 99 s. ISBN 80-248-0878-1
- [3] JÁNOŠÍK, L. – SMETANA, J. *Projektování výrobních procesů a systémů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 1991. 144 s. ISBN 80-7078-098-3.
- [4] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části spojovací*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [5] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 864 s. ISBN 80-868490-74-2.
- [6] MARTÍNEK, P. *Transportní zařízení*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 1993. 112 s. ISBN 80-7078-165-3.
- [7] POLÁK, J. – PAVLISKA, J. – HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2005. 109 s. ISBN 80-248-0493-X.
- [8] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 1993. 158 s. ISBN 80-7078-167-X.
- [9] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [10] *Dopravníkový pás Gumex* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www: <<http://www.gumex.cz/dopravnikove-pasy/dopravnikove-pasy-pvc/>>.
- [11] *Efektory Schunk* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www: <http://www.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=244&product_level_2=250&product_level_3=0&&country=GBR&lngCode=EN&lngCode2=EN>.

- [12] *Hliníkový L-profil Axel Group* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<<http://www.axelgroup.cz/CZ/produkty/standardni-hlinikove-profil-y/hlinikovy-l-profil-rovnoramenny.aspx>>
- [13] *Ložiska SKF* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=cs&newlink=1_1_3>.
- [14] *Nosný systém MiniTec* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<http://www.minitec.de/en/Web/produkte/profile_system/system_components/aluminium_profiles.php>.
- [15] *Optický senzor Ifm electronic* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<http://www.ifm-electronic.cz/ifmcz/web/ps!select1_40_10_20.html>.
- [16] *Roboty ABB* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<<http://www.abb.cz/product/seitp327/3939903968123b1fc125726f0043b847.aspx>>.
- [17] *Řídicí systém IRC 5* [online]. [citováno 20. 2. 2010]. Dostupné z www:
<<http://www.abb.cz/product/seitp327/f0cec80774b0b3c9c1256fda00409c2c.aspx>>.

12 Seznam použitých obrázků

Obr. 1-1: Průmyslový robot ABB IRB 140	12
Obr. 1-2: Možnosti montáže IRB 140	13
Obr. 1-3: Základní rozměry pracovního prostoru	14
Obr. 1-4: Kinematická struktura	15
Obr. 1-5: Příklady manipulační činnosti	17
Obr. 1-6: Řídicí systém IRC5	18
Obr. 1-7: PZN-Plus 64	19
Obr. 1-8: PGN-Plus 80.....	19
Obr. 1-9: GWB 64	19
Obr. 1-10: PGF 80	19
Obr. 1-11: Pneumatický efektor s přísavkami	19
Obr. 2-1: Schéma pracoviště varianty A.....	23
Obr. 2-2: 3D model pracoviště varianty A	24
Obr. 2-3: 3D model krabice s puký.....	25
Obr. 2-4: Schéma pracoviště varianty B.....	27
Obr. 2-5: 3D model pracoviště varianty B.....	28
Obr. 2-6: 3D model Hanojské věže	29
Obr. 2-7: Schéma pracoviště varianty C	31
Obr. 2-8: 3D model pracoviště varianty C.....	32
Obr. 2-9: 3D model pet lahve	33
Obr. 4-1: 3D model pásového dopravníku.....	40
Obr. 4-2: hnací bubnu	41
Obr. 4-3: Řez hnacím bubnem.....	41
Obr. 4-4: Hnaný buben	41
Obr. 4-5: Opěrný váleček.....	42
Obr. 4-6: Řez Opěrným válečkem	42
Obr. 4-7: Profil 45x90F	42
Obr. 4-8: Profil 45x45F	42
Obr. 4-9: Matice s jazýčkem.....	43
Obr. 4-10: Spojovací prvek – úhelník.....	43
Obr. 4-11: Hliníkový L-profil.....	43
Obr. 4-12: PVC pás F22-11	43

Obr. 4-13: Přijímač OF5019	44
Obr. 4-14: Vysílač OF5018	44
Obr. 4-15: Výpočtové schéma	45
Obr. 4-16: Schematický řez dopravníkem	46
Obr. 4-17: 3D model motoru DSGM 180-20	49
Obr. 4-18: Napínací zařízení.....	49
Obr. 5-1: Rozmezí výškové polohy pracovního stolu	50
Obr. 5-2: Polohovací pracovní stůl	50
Obr. 6-1: Ochranné zábradlí pracoviště.....	51
Obr. 6-2: Šrafování dle ČSN 01 8010.....	51
Obr. 6-3: 3D model ochranné závory	51

13 Seznam použitých tabulek

Tab. 1-1: Rozsah pohybu a rychlost robotu IRB 140	13
Tab. 1-2: Přehled efektorů z Centra Robototechniky	20
Tab. 2-1: Požadavkový list	21
Tab. 3-1: Stanovení kritérií	34
Tab. 3-2: Bodovací stupnice kritérií	34
Tab. 3-3: Významnost kritérií	34
Tab. 3-4: Hodnocení jednotlivých kritérií	35
Tab. 3-5: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle autora bakalářské práce	36
Tab. 3-6: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle osloveného experta	36
Tab. 3-7: Váha významnosti	37
Tab. 3-8: Součet vážených indexů varianty A	38
Tab. 3-9: Součet vážených indexů varianty B	38
Tab. 3-10: Součet vážených indexů varianty C	38
Tab. 3-11: Shrnutí výsledků hodnotové analýzy	39
Tab. 4-1: Základní technické parametry dopravníku	40
Tab. 4-2: Rozměry L-profilu	43
Tab. 4-3: Technické parametry pásu F22-11	43
Tab. 4-4: Optický senzor	44
Tab. 4-5: Technické parametry motoru	49
Tab. 7-1: Předběžný odhad časů jednotlivých operací	53
Tab. 8-1: Popis energií	54
Tab. 9-1: Ekonomická studie nakupovaných součástí pásového dopravníku	55
Tab. 9-2: Ekonomická studie objektu manipulace	55

14 Seznam použitých grafů

Graf 1-1: Operace průmyslového robotu IRB140	16
Graf 3-1: Stanovení váhy významnosti	37
Graf 3-2: Porovnání vážených indexů jednotlivých variant	39

15 Seznam příloh

Příloha A: Kontrolní výpočet těsného pera

Příloha B: Kontrolní výpočet napínacího zařízení

Příloha C: Kontrolní výpočet ložisek

Příloha D: Kontrola výpočet dopravníku na rozběh

Příloha E: Interface robotu ABB IRB 140

Příloha F: Obrázek 3D modelu pracoviště v laboratoři UCR

Příloha G: Rozmístění strojů a zařízení v UCR laboratoři

Dispoziční výkres pracoviště: 0 – BP – 001

Sestavný výkres pásového dopravníku: 0 – BP – 001.1

DVD-ROM: Bartek, T. *Bakalářská práce*